



**Matti Jantunen • Hannu Komulainen • Aino Nevalainen  
Jouko Tuomisto • Raili Venäläinen • Matti Viluksela**

# **Selvitys elinympäristön kemikaaliriskeistä**

Kansallisen kemikaaliohjelman taustaselvitys

Kansanterveislaitoksen julkaisuja **B** 11/2005



Matti Jantunen

Hannu Komulainen

Aino Nevalainen

Jouko Tuomisto

Raili Venäläinen

Matti Viluksela

## **SELVITYS ELINYMPÄRISTÖN KEMIKAALIRISKEISTÄ**

**Kansallisen kemikaaliohjelman taustaselvitys**

Kansanterveyslaitos  
Ympäristöterveyden osasto  
National Public Health Institute, Finland  
Department of Environmental Health

**Publications of the National Public Health Institute**  
**KTL B11/2005**

**Copyright National Public Health Institute**

**Kansikuva - cover graphic : KTL/YTOS, Olli Herranen**

**Julkaisija-Utgivare-Publisher**  
**Kansanterveyslaitos (KTL)**  
Mannerheimintie 166  
00300 Helsinki  
Puh. vaihde (09) 474 41, telefax (09) 4744 8408

**Folkhälsoinstitutet**  
Mannerheimvägen 166  
00300 Helsingfors  
Tel. växel (09) 474 41, telefax (09) 4744 8408

**National Public Health Institute**  
Mannerheimintie 166  
00300 Helsinki  
Telephone +358 9 474 41, telefax +358 9 4744 8408

ISBN 951-740-495-6 (print)  
ISSN 0359-3576  
ISBN 951-740-533-2 (pdf)  
<http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/>

**Painopaikka:** Edita Prima Oy, Helsinki 2005

## ESIPUHE

Valtioneuvosto päätti v. 2003 hallitusohjelmassaan, että Suomeen laaditaan kansallinen kemikaaliohjelma. Kansanterveyslaitos (KTL) on laatinut sosiaali- ja terveysministeriön toimeksiannosta tämän taustaselvityksen ympäristössä esiintyvistä kemiallisista altisteista ja aineista, joihin tulisi kiinnittää erityisesti huomiota ihmisen terveyden kannalta laadittaessa Kansallista kemikaaliohjelmaa.

Tässä selvityksessä on arvioitu kemiallisia aineita, jotka esiintyvät luonnossa, teollisesti tuotettuina eri tuotteissa ja elinympäristössämme – mahdollisia haitallisia terveysvaikutuksia ihmisiin. Selvityksessä on tuotu esille myös altisteita, joita ei ole totuttu pitämään kemikaalialtisteina, mutta jotka voivat myös aiheuttaa terveyshaittoja, ja altisteita, joiden mahdollista terveyshaittaa ei vielä täysin tunneta. Säteilyn ja työperäisen kemikaalialtistuksen aiheuttamat terveyshaitat on sopimuksen mukaisesti rajattu tästä selvityksestä pois.

Lähtökohtana on ollut altistumisen aste näille kemiallisille aineille. Altisteet, joille tiedetään tai on arvioitu altistuttavan merkittävästi, on nostettu selvityksessä esille. Altisteista on arvioitu ja esitetty lyhyesti tiedossa olevat tärkeimmät terveyshaitat, ihmisten altistumistaso ja altistuvien määrä Suomessa eli arvio ongelman laajuudesta ja terveyshaitan kokonaistilanteesta. Lisäksi on arvioitu tutkimustarvetta, nykyisten hallinnollisten toimien riittävyyttä asian hoidossa sekä valistus- ja koulutustarpeita. Selvityksessä on esitetty ehdotuksia toimenpiteistä, joilla ongelmaksi todettuja asioita voitaisiin ratkaista. Suositukset on osittain priorisoitu osoittamaan asioiden tärkeyttä.

Selvitys on tehty Kansanterveyslaitoksen ympäristöterveyden osastossa Kuopiossa. Ydintyön selvitykseen ovat tehneet tekstin kirjoittajat: laboratorionjohtaja Matti Jantunen, laboratorionjohtaja Hannu Komulainen, laboratorionjohtaja Aino Nevalainen, emeritusprofessori Jouko Tuomisto, erikoistutkija Matti Viluksela ja tutkija Raili Venäläinen. Selvityksen koordinaattorina on toiminut Raili Venäläinen ja paikallisen koordinaatioryhmän puheenjohtajana Hannu Komulainen.

Kiitämme kaikkia, jotka ovat toimittaneet selvitykseen materiaalia ja antaneet arvokkaita kommentteja selvitystyön aikana.

Kansanterveyslaitos antaa kunnioittavasti selvityksen Sosiaali- ja terveysministeriön käyttöön osaltaan Kansallisen kemikaaliohjelman pohjaksi.

Kuopiossa 30 päivänä kesäkuuta 2005

Selvityksen laatinut työryhmä

# SISÄLLYS – CONTENTS

ESIPUHE

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

RESUMÉ

ABSTRACT

1	TAUSTAKSI .....	37
2	HENGITYSILMA .....	43
2.1.	Johdanto.....	43
2.2.	Altistuminen .....	43
2.2.1.	Ajankäyttö.....	44
2.2.2.	Annosfraktio.....	45
2.2.3.	Altistumisen lähteet.....	45
2.2.4.	Altistuminen ulkoilmasta peräisin oleville saasteille.....	47
2.2.5.	Altistuminen sisätiloista peräisin oleville saasteille.....	48
2.2.6.	Altistuminen ilman saasteille liikenteessä .....	49
2.3.	Ilmansaasteiden pitoisuudet (pääkaupunkiseudun) ulkoilmassa ja altistuminen .....	50
2.4.	Häkä (CO) .....	55
2.5.	Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> ).....	60
2.6.	Otsoni (O <sub>3</sub> ) .....	63
2.7.	Hengitettävät hiukkaset, PM10 ja pienhiukkaset PM2.5 .....	65
2.8.	Bentseeni (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	71
2.9.	Formaldehydi (HCHO).....	72
2.10.	Tupakansavu.....	74
2.11.	Sisäilmaan liittyvät erityiskysymykset.....	75
2.11.1.	Sisäilman epäpuhtauksia koskeva säädöstö .....	75
2.12.	Sisäilman epäpuhtauksien lähteet ja poistuminen .....	77
2.13.	Sisäilman orgaaniset yhdisteet .....	78
2.14.	Epätavalliset altistumistilanteet .....	82
2.14.1.	Harrastuksiin liittyvä kemikaalialtistus.....	83

2.15.	Rakennusten kosteusvaurioihin liittyvät kemialliset riskit.....	84
2.15.1.	Kosteusvaurioihin liittyvät kemialliset päästöt .....	85
2.15.2.	Mikrobien metaboliatuotteet .....	85
2.16.	Yhteenveto hengitysilmaa koskevista suosituksista .....	87
3	JUOMA- JA UIMAVESI .....	94
3.1.	Juomaveden epäpuhtauksiin liittyvät terveysriskit.....	94
3.2.	Välittömän myrkyllisyyden riskit.....	96
3.3.	Pitkäaikaiseen altistumiseen liittyvät riskit .....	97
3.3.1.	Yleistä .....	97
3.3.2.	Juomaveden desinfioinnin sivutuotteet.....	97
3.3.3.	Vesijohtoverkostovedessä esiintyvät muut kemialliset epäpuhtaudet .....	98
3.3.4.	Kaivoveteen liittyvät ongelma-aineet .....	100
3.3.5.	Pilaantuneesta maasta juomaveteen pääsevät kemikaalit .....	105
3.4.	Uimaveteen liittyvä kemikaalialtistus .....	108
3.5.	Suositukset kansalliseen kemikaaliohjelmaan.....	109
3.6.	Yhteenveto talous- ja uimavettä koskevista suosituksista.....	109
4	RAVINTO.....	113
4.1.	Johdanto.....	113
4.2.	Ravinnoksi käytettävän raaka-aineen sisältämät vierasaineet.....	115
4.2.1.	Torjunta-ainejäämät .....	115
4.2.2.	Raskasmetallit .....	125
4.2.3.	Pysyvät orgaaniset halogenoidut yhdisteet (POP) .....	126
4.2.4.	Nitraatti ja nitriitti .....	127
4.2.5.	Mikrobilääkkeet ja muut lääkejäämät.....	128
4.3.	Ravinnoksi käytettävän raaka-aineen sisältämät luonnon tuottamat toksiinit ja haitalliset aineet .....	129
4.3.1.	Mykotoksiinit .....	129
4.3.2.	Bakteeritoksiinit.....	129
4.3.3.	Muut luonnon toksiinit.....	130
4.3.4.	Ravintoaineiden omat haitalliset vaikutukset .....	130
4.3.5.	Johtopäätökset ravinnosta saatujen luonnon kemikaalien riskeistä .....	132
4.4.	Ravintoon ja elintarvikkeisiin tarkoituksella lisätyt kemikaalit.....	132
4.4.1.	Lisäaineet .....	132

4.4.2.	Makua tehostavat aineet.....	133
4.4.3.	Elintarvikevärit.....	133
4.4.4.	Makeuttamisaineet .....	134
4.4.5.	Mausteet ja aromiaineet .....	134
4.4.6.	Terveellisuuden lisäämiseksi lisättävät aineet .....	135
4.4.7.	Johtopäätökset ravintoon tarkoituksellisesti lisätyistä aineista.....	137
4.5.	Ravinnon valmistuksessa tahattomasti syntyvät kemikaalit.....	137
4.5.1.	Akryyliamidi .....	137
4.5.2.	Mutageeniset aineet.....	138
4.5.3.	Johtopäätökset tahattomasti syntyvistä kemikaaleista .....	138
4.6.	Ravinnon nauttimisen yhteydessä saatavat kemikaalit.....	139
4.6.1.	Astioista ja pakkauksista irtoavat vieraat aineet .....	139
4.6.2.	Ruokailuympäristön aiheuttamat riskit .....	141
4.7.	Johtopäätöksiä ravinnon riskeistä ja suosituksia.....	141
4.8.	Yhteenveto ravintoa koskevista suosituksista .....	143
5	KOSMEETTISET TUOTTEET .....	147
5.1.	Johdanto.....	147
5.2.	Kosmetiikan käyttö.....	148
5.3.	Kosmetiikkaan liittyvät terveyshaitat ja –riskit.....	149
5.3.1.	Kosketusihottumat .....	150
5.3.2.	Muut mahdolliset haittavaikutukset .....	152
5.3.3.	Kestopigmentointi ja tatuointi.....	154
5.4.	Kosmetiikkaan liittyvä lainsäädäntö .....	155
5.4.1.	Kansallinen lainsäädäntö.....	155
5.4.2.	Euroopan yhteisön kosmeettisia valmisteita koskeva lainsäädäntö.....	157
5.4.3.	Kosmeettisten valmisteiden rekisteröinti .....	158
5.4.4.	Kosmetiikan turvallisuuden arviointia koskevat vaatimukset .....	159
5.4.	Yksittäisen ainesosan toksisuuden testaus ja arviointi .....	161
5.6.	Kosmeettisten valmisteiden myyntipäällysmerkinnät.....	164
5.7.	Valvonta .....	165
5.8.	Yhteenveto.....	166
5.9.	Yhteenveto kosmetiikkaa koskevista suosituksista.....	167
6	KULUTUSTUOTTEET .....	171

6.1.	Johdanto.....	171
6.2.	Lainsäädäntö.....	172
6.3.	Altistuminen kemikaaleille kulutustuotteiden elinkaaren eri vaiheissa .....	174
6.4.	Lelut .....	175
6.5.	Pesu- ja puhdistusaineet .....	176
6.6.	Tekstiilit.....	178
6.6.1	Väriaineet.....	180
6.6.2.	Viimeistysaineet.....	180
6.7.	Rakennusmateriaalit .....	181
6.8.	Poikkeukselliset altistumistilanteet ja ongelmalliset kemikaalit .....	182
6.8.1.	Suihkeet (Spray-tuotteet) .....	182
6.8.2.	Perfluoratut alkyloidut aineet.....	183
6.8.3.	Muut fluoria sisältävät hiilivedyt .....	184
6.8.4.	Metanoli .....	185
6.9.	Muita kulutustuotteisiin liittyviä riskejä.....	186
6.10.	Yhteenvedo kulutustuotteita koskevista suosituksista .....	187
7	JÄTTEET JA JÄTEVEDET .....	191
7.1.	Johdanto.....	191
7.2.	Jätteisiin liittyvän lainsäädännön tila ja sen mukaiset menettelyt.....	192
7.3.	Ongelmajätteet.....	193
7.4.	Altistuminen kemikaaleille jätteistä .....	195
7.5.	Jätelajikohtaista tarkastelua .....	196
7.5.1.	Raskasmetalleja sisältävät akut, paristot, loisteputket .....	196
7.5.2.	Torjunta-aineet .....	197
7.5.3.	Lääkkeet .....	197
7.5.4.	Jäteöljy ja polttoaineet .....	197
7.5.5.	Kyllästetty puu .....	198
7.5.6.	Sähkö- ja elektroniikkalaitteet .....	199
7.6.	Jätteiden kompostointiin liittyvät haitat ja riskit .....	199
7.7.	Jätevedet .....	201
7.7.1.	Lääkeainejäämät jätevesissä .....	203
7.7.2.	Perfluoratut alkyloidut aineet (PFAS).....	204
7.7.3.	Kulutustuotteet, kosmetiikka .....	205



7.8.	Yhteenveto jätteistä ja jätevesistä.....	205
7.9.	Yhteenveto jätteitä ja jätevesiä koskevista suosituksista.....	206
8	PILAANTUNEET MAAT.....	209
8.1.	Johdanto.....	209
8.2.	Lainsäädännön tila.....	210
8.3.	Altistuminen pilaantuneista maista .....	211
8.3.1.	Pohjaveden saastuminen .....	212
8.3.2.	Altistuminen suun kautta .....	212
8.3.3.	Altistuminen kasveja syömällä .....	213
8.3.4.	Altistuminen hengitysteitse.....	214
8.4.	Tyypialueita ja niiden ongelma-aineita .....	215
8.4.1.	Sahat ja sahojen pohjat.....	215
8.4.2.	Kaatopaikat .....	216
8.4.3.	Huoltoasemat, autokorjaamot .....	217
8.4.4.	Ampumaradat.....	217
8.4.5.	Kauppapuutarhat .....	218
8.4.6.	Muut kemikaalit .....	219
8.4.7.	Rakennusmateriaalit.....	219
8.4.8.	Lämmitysöljysäiliöt .....	221
8.4.9.	Sedimentit .....	221
8.4.10.	Maiden kunnostus ja siihen liittyvät riskit .....	222
8.5.	Pilaantuneisiin maihin liittyvä terveysriskinarvio.....	222
8.6.	Yhteenveto.....	223
8.7.	Yhteenveto pilaantuneita maita koskevista suosituksista.....	223
9	RISKINARVIOINTI, RISKINHALLINTA JA RISKIViestintä .....	226
9.1.	Johdanto.....	226
9.2.	Nykyisen riskinarviointitekniikan ongelmia .....	227
9.2.1.	Riskistä tulee antaa paras arvio, ei maksimaalista arviota .....	228
9.2.2.	Varovaisuusperiaate ja sen soveltaminen .....	229
9.2.3.	Eläinkokeiden rooli riskinarvioinnissa.....	230
9.2.4.	Elinkaariajattelu riskinarvioinnissa.....	232
9.2.5.	Riskinarviointia ja sen pohjana olevia tutkimusmenetelmiä tulisi parantaa .....	233

9.3. Riskinhallinta.....	237
9.4. Riskiviestintä.....	238
9.5. Yhteenveto riskinarviointia, -hallintaa ja riskiviestintää koskevista suosituksista.....	240
10 SUOSITUKSET.....	243
10.1 Suositusten esitystapa.....	243
10.2 Tärkeimmät suositukset.....	244
A. Hallintoa koskevat suositukset.....	250
B. Tutkimusta koskevat suositukset.....	257

Kirjoittajat Matti Jantunen, Hannu Komulainen, Aino Nevalainen, Jouko Tuomisto, Raili Venäläinen, Matti Viluksela. **Selvitys elinympäristön kemikaaliriskeistä** – Kansallisen kemikaaliohjelman taustaselvitys  
Kansanterveyslaitoksen julkaisuja, B11/2005, 257 sivua  
ISBN 951-740-495-6; 951-740-533-2 (pdf-versio)  
ISSN 0359-3576  
<http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/>

## TIIVISTELMÄ

Kansanterveyslaitos on laatinut selvityksen elinympäristön kemikaaliriskeistä Kansallista kemikaaliohjelmaa varten. Tämän selvityksen toimeksianto on tulkittu väljästi ja ennakoluulottomasti, koska tällä tavalla uskotaan selvityksestä olevan tulevaisuuden suunnittelulle eniten hyötyä. Siten mm. kemikaali-käsite on laajempi kuin useimmissa yhteyksissä tähän astisessa käytännössä. Tämä on välttämätöntä, jos halutaan priorisoida riskejä mielekkäällä tavalla ja päästä sektoroituneesta asioiden hahmottamisesta kokonaisvaltaiseen tilanteen hallintaan ja kansanterveyden kannalta merkittäviin parannuksiin.

Edellä olevasta seuraa suoraan se, että lähestymistapa ei ole kemikaalilähtöinen, vaan kansalaislähtöinen. Ei ole koettu tärkeäksi käsitellä yksittäisiä aineita kemikaali-kemikaalilta, vaan lähteä ihmisen elinympäristön eri alueista, ja pyrkiä kartoittamaan kullakin alueella olevat merkittävimmät terveyteen vaikuttavat tekijät ja mahdolliset tuntemattomat tekijät, joista saattaisi aiheutua riskejä kansalaisille, sekä kartoittamaan tapoja, joilla voitaisiin identifioida tuntemattomia riskejä aiheuttavia tekijöitä. Täten on lähdetty altistumisen kartoituksesta. Perusajatus on se, että ellei ole altistusta ei voi olla riskiäkään. Riskejä on odotettavissa varsin ilmeisiä perusreittejä myöten elimistöön joutuvista aineista (hengitystiealtistus, altistus ruoan tai juoman välityksellä suun kautta, sekä ihon kautta). Kansalaislähtöisestä lähestymistavasta seuraa myös suoraan priorisoinnin merkitys: kansalaisen terveyden kannalta on tärkeämpää määritellä suurimpia riskejä aiheuttavat kemikaalit tai tekijät, kuin tuhansien toisarvoisten tekijöiden riskit. Tämä edellyttää vankkaa osaamista ja uskallusta priorisoida.

On myös tärkeää erottaa kaksi asiaa, mikä on jonkin tekijän teoreettinen kyky aiheuttaa terveysongelmia (riskipotentiaali), ja mikä on sen todennäköisyys aiheuttaa ongelmia meidän yhteiskunnassamme. Esimerkiksi torjunta-aineissa on erittäin toksisia aineita, joiden riskipotentiaali on erittäin suuri. Riski voi toteutua kontrolloimattomissa oloissa esim. kehitysmaissa, mutta tiukan kontrollin vuoksi riskit eivät suomalaisessa yhteiskunnassa ole merkittäviä. Toisaalta esimerkiksi puun pienpolton riskipotentiaali ei ole yhtä suuri, mutta kun päästöjen kontrolloimiseksi ei toistaiseksi ole tehty käytännössä

mitään, se aiheuttaa todellisuudessa suurempia riskejä, kuin hyvin kontrolloidut teorias-  
sa vaarallisemmat toiminnot.

Kansanterveydellisesti tärkeiden altistuslähteiden lisäksi on käsitelty erikseen eräitä potentiaalisia altistuksen lähteitä, joista etenkin poikkeuksellisissa tilanteissa voi aiheutua kemikaaliriskejä. Näitä ovat mm. kulutustuotteet, jätteet ja jätevedet sekä saastuneet maat. Edelleen on pyritty arvioimaan sitä, toimiiko kemikaaliriskien arviointi ja ennustaminen yhteiskunnassamme tällä hetkellä sillä tavalla, että se antaa tieteellisesti perustellulla tavalla turvaa kaikilla elämän alueilla, priorisoi riskejä oikein ja välttää kuluttamasta resursseja yksityiskohtiin, joista ei todennäköisesti ole saatavissa kansanterveyden tai erityisten riskiryhmien kannalta hyötyä. Lainsäädäntöön on puututtu valikoiden tarpeen mukaan ja korostettu viranomaisyhteistyön merkitystä, mikäli sen on nähty johtavan parempaan kokonaistulokseen kuin sektoritoiminnan.

Selvityksessä nostetaan esille ne altisteet, jotka todetaan ongelmallisiksi tai joita on syytä selvittää potentiaalisina ongelmina. Jälkimmäisten tarkempi selvitys saattaa osoittaa, että terveysriskejä ei ole, mutta usein tämän varmistamiseen tarvitaan lisätutkimusta.

Selvityksessä on käynyt selväksi, että erityisenä riskien lähteenä usein esille tuotu kemikaalien lukumäärä sinänsä ei ole kovin relevantti asia, olipa kemikaaleja käytössä 10 000, 30 000 tai 100 000. Synteettisistä kemikaaleista voidaan suhteellisen luotettavasti seuloa esille ne, joiden riskit ovat todennäköisiä ja sellaiset, joista merkittäviä riskejä ei todennäköisesti ole. Ensimmäinen vaihe tässä seulonnassa on altistuksen mahdollisuuden arviointi. Voidaan lähteä siitä, että suhteellisen pieni joukko kemikaaleja aiheuttaa kansalaisille suurimman osan kemikaaliriskeistä. Tällöin näiden osittainenkin vähentäminen saattaa olla kansanterveydelle tärkeämpää kuin monilukuisten mutta vähäpätöisten kemikaalien riskien poistaminen kokonaan.

Etenkin media tuo nykyään usein esille sen, että vaikka yksittäisistä kemikaaleista ei olisi riskejä, altistumme nykyään pienille pitoisuuksille niin monia kemikaaleja, että yhteisvaikutukset voivat olla arvaamattomia. Huoli on aiheellinen, mutta toistaiseksi on erittäin harvoin todettu muita kuin additiivisia vaikutuksia, eli yhteenlaskettu vaikutus on samansuuruinen kuin erillisten vaikutusten summa. Esimerkkejä merkittävistä yhteisvaikutuksista ovat mm. alkoholin ja tupakan sekä radonin ja tupakan vaikutukset. Ympäristökemikaaleille altistumiseen verrattuna varsin suurina annoksina käytettävistä lääkkeistä kertyy jatkuvasti yhteisvaikutuksia koskevaa tietoa. Yhteisvaikutusten mahdollisuus on siis syytä pitää arvioinneissa mukana, mutta erityiseltä arvaamattomien riskien lähteeltä se ei nykytiedon mukaan näytä.

Priorisoitavien kemikaalien seulonnassa itse asiassa ympäristön ja luonnon omat luonnolliset kemikaalit ovat merkittävä ongelma, koska tietämys niistä on usein puutteellisem-

paa, kuin ihmisen tuottamista synteettisistä kemikaaleista. Tämä tulee merkittäväksi kysymykseksi esimerkiksi, kun hankitaan pohjavettä porakaivoista tai altistutaan suurille määrille kasveissa olevia aineita kokeiltaessa erilaisia uusia ja eksoottisia ruokia. Toinen vajavaisen tiedon takia vaikea ryhmä on kosmetiikka, koska siinä on perinteisesti hyvin tiukasti vastustettu tuotteiden koostumuksen paljastamista.

Myös monitoroinnin kannalta altistuksen selvittäminen eri teitä potentiaalisesti tärkeimmiksi arvioituille kemikaaleille arvioidaan sekä sisällöllisesti että taloudellisesti edullisimmaksi tavaksi kartoittaa kokonaistilannetta. Altistuksen monitorointi antaisi tietoa myös muutostrendeistä. Altistuksen monitorointiohjelman käynnistämistä olisi syytä harkita. Karkeana priorisoinnin työkaluna tässä voidaan käyttää annosfraktion käsitettä, joka tarkoittaa ihmiselimistöön päätyvää osuutta (koko väestössä) kemikaalin tai tekijän koko päästöstä tai tuotannosta.

Luonnollisesti samalla, kun kiinnitetään huomio ja priorisoidaan toimenpiteitä kansanterveydellisesti merkittäviin kemikaaleihin, on kiinnitettävä huomiota myös riskiryhmiin, joilla altistukset saattavat poiketa merkittävästi pääväestöstä. Kenenkään altistus ei saa olla sellainen, että siitä aiheutuisi suuria henkilökohtaisia riskejä, vaikka asia ei olisikaan kansanterveydellisesti merkittävä. Tyypillisin riskialtistus on työaltistus kemikaaleille, jota kuitenkin ei käsitellä tässä yhteydessä, koska siitä valmistellaan erikseen selvitys. Muihin tilannekohtaisiin riskeihin otetaan tässä selvityksessä kantaa, ja nämä näkökohdat voivat liittyä paikallisiin kysymyksiin kuten pohjavesien myrkyllisiin kemikaaleihin, erityisiin väestöryhmiin, tai erityisiin toimintoihin kuten harrastuksiin. Koska Euroopan Unioni on nostanut lapset erityisryhmäksi, on kiinnitetty huomiota lasten riskien erityispiirteisiin ja raskauden aikana tai imetyksen aikana tuleviin kehityshäiriöihin.

Tässä selvityksessä ei ole tavoitteena antaa ratkaisuja ongelmiin, vaikka joissakin kohdin ehdotuksia on tehty. Pääosin on kuitenkin pyritty nostamaan toimenpiteitä vaativat ongelmat esille ja kuvaamaan ne, tai toisissa tapauksissa perustellusti osoittamaan, että merkittäviä ongelmia ei ole. Viimemainittu voi pääosin tarkoittaa vain kansallista tilannetta, ja tuonnin vapautuessa on asiaa mahdollisesti tarpeen tarkastella uudelleen niin elintarvikkeiden kuin kulutustavaroidenkin osalta.

## **Koko väestön tasolla keskeiset kemikaaliriskit**

Kansanterveyden kannalta hengitysilma näyttää tällä hetkellä heikoimmin hallitulta ihmisen terveyteen vaikuttavien aineiden lähteeltä. Sen merkitystä lisää epäpuhtauksien lähteiden jatkuva lisääntyminen liikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden lisääntymisen myötä. Euroopan Unioni on juuri julkistanut arvion, että pienhiukkasten aiheuttama ennenaikainen kuolleisuus Euroopassa on jopa 300 000 kuolemantapausta vuodessa. Tämä on suuri määrä, eikä voida kuvitella yksittäisiä ympäristökemikaaleja, joilla olisi näin suuri vaikutus kansanterveyteen. Siksi ilmansaastealtistumisen laadun ja määrän muutosten analyysiä olisi tehostettava ja arvioitava tilanteen syitä ja kehitystä ja kansanterveydellisiä seurauksia.

Erityisesti seurattavia ilmansaasteita ovat tämänhetkisen tiedon mukaan pienhiukkasten ohella ainakin otsoni ja häkä. Toimenpiteinä päästöjen vähentämiseksi suositetaan ainakin vanhojen ajoneuvojen tehostettua korvaamista uudella kalustolla, dieselajoneuvojen pakokaasupäästöjen hiukkassuodatusta, puulämmityksen päästöjen säätelyä ja liikenteen bentseenipäästöjen vähentämistä. Yhteiskunnallisten valintojen vaikutus on merkittävä esim. energiantuotantomuotojen (kivihiili, maakaasu, ydinvoima), liikennemuotojen (rekaliikenne, raideliikenne), yhdyskuntarakenteen (liikenneväylien turvallisuus, asutuksen sijoitus liikenteeseen nähden, lasten koulureitit) ja teollisuuden rakenteen (raskas teollisuus, elektroniikkateollisuus) osalta, koska eri valintojen ympäristöterveydelliset seuraukset ovat hyvin erilaiset. Osittain olemme Suomessa eurooppalaisten isojen ratkaisujen armoilla. Näihin vaikuttamiseksi tarvitaan aktiivisuutta pikemmin kuin reaktiivisuutta.

Ilmansaasteiden vaikutusmekanismeista tieto on edelleen varsin hataraa, joten on keskeistä selvittää pienhiukkasten, kevätpölyn, rengaspölyn ja pienpolton savupäästöjen toksikologiaa ja tehdä kohdennettua epidemiologista tutkimusta.

Sisäilman terveydelle haitallisista altistuksista on viime vuosien hyvin aktiivisen tutkimuksenkin jälkeen liian vähän tietoa. Siten tulee parantaa tietämystä sekä ulkoilmasta sisäilmaan siirtyvien ilmansaasteiden (mm. otsonin) terveysvaikutuksista että rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöistä, sekä kosteusvauriotaloissa syntyvistä biologisista tekijöistä kuten mikrobitoksiineista. Sisäilman suhteellinen merkitys on suuri kahdesta syystä, ensiksikin nyky-yhteiskunnassa vietetään sisäilmassa jopa 90 % ajasta, ja toiseksi, sisälähteistä tulevien altisteiden annosfraktio, eli se osuus, joka joutuu ihmiselimestöön, on kertaluokkia suurempi kuin ulkolähteistä tulevien altisteiden. Tämä asettaa erityisiä vaatimuksia myös rakennusmateriaaleista lähteville aineille ja niiden valvonnalle.

Mikrobitoksiineista tietämys on vähäistä, ja niiden osuutta sisäilmaongelmissa olisi syytä erityisesti selvittää. Sisäilman osalta tarvitaan edelleen toimia tupakansavaltistuksen vähentämiseksi. Erityiskysymys on erilaisissa harrastustoiminnoissa saatavat kemikaalialtistukset, joista ei ole tarkkaa tietoa, eikä niitä valvota, mutta jotka saattavat eräissä tapauksissa olla suuria. Kaikilla näillä alueilla tarvitaan myös koulutusta ja kuluttajien opastusta.

Oma tupakointi on hengitysteiden kautta välittyvistä altistuksista selvästi ylitse muiden. Tätä kysymystä on selvityksessä sivuttu vain lyhyesti, koska terveysvaikutukset sekä sydän- ja verisuonitauti-ilmaantuvuuteen ja -kuolleisuuteen että syöpäkuolleisuuteen ovat hyvin tiedossa.

Juomavesistä aiheutuu sekä mikrobiologisia että kemiallisia riskejä, ja näistä mikrobiologiset ovat kontrolloimattomina ylivoimaisesti tärkeämpiä, mikä näkyy etenkin kehitysmaissa. Yhteiskuntamme pitkälle kehitetty vedenkäsittelytekniikka varmistaa mikrobiologisen turvallisuuden melko hyvin, mutta vuosittain sattuu kuitenkin useita vesipeuräisiä epidemioita. Juomaveden desinfioinnista aiheutuvia kemikaaliriskejä on Suomessa tutkittu erittäin aktiivisesti, ja tämä on myös johtanut hyvin voimakkaaseen kehitykseen sekä vedenhankinnassa että vesilaitosten tekniikan kehittämisessä. Pintavesien käytön osuus on vähentynyt noin 56 %:sta vuonna 1987 noin 41 %:iin vuonna 2000. Tällä hetkellä voidaan sanoa, että suurimpien kaupunkien talousvesi on korkealaatuista, eikä ole helppo esim. mutageenisuusriskien osalta päästä kovin ratkaisevasti enää eteenpäin nykyisin käytettävissä olevilla tekniikoilla. Myös isot pohjavesilaitokset tuottavat hyvää ja turvallista vettä. Ongelmaksi ovat jääneet pienehköt pintavesilaitokset, joiden vedenkäsittely ei takaa täysin mikrobiologista puhtautta, sekä tiettyjen pohjavesialueiden rengaskaivot ja porakaivot, joissa saattaa olla suuria pitoisuuksia fluoridia, arseenia, uraania ja radonia. Näissä tarvitaan ohjeistusta.

Ravinnon kemikaaliriskit ovat Suomessa vähäisiä siltä osin kuin tarkoitetaan hyvin valvottuja ja tunnettuja kemikaaleja kuten torjunta-ainejäämiä ja lisäaineita, sekä koko väestön tasolla raskasmetalleja, orgaanisia kertyviä yhdisteitä kuten dioksiineja ja PCB-yhdisteitä ja lääkejäämiä. Ylivoimaisesti tärkeimmät kansanterveydelliset riskit aiheutuvat ravinnosta itsestään, ennen muuta väestön energiankulutukseen nähden liian suuren määrän sokeripitoisuudesta, joka johtaa lihomiseen, sydän- ja verisuonitauteihin sekä diabetes- ja syöpäriskien suurenemiseen, koviin rasvoihin, jotka johtavat arterioskleroosiin ja sydän- ja verisuonitauteihin, liialliseen suolan käyttöön, joka johtaa verenpaineen kohoamiseen ja sydän- ja verisuonitauteihin. Laajasti ymmärrettynä myös nämä ovat ravinnon kemikaaliriskejä. Suurimmat terveysvaikutukset aiheuttava yksittäinen kemikaali on etanoli eli etyylialkoholi. Alkoholimyrkytykseen kuolee vuodessa noin 400 suomalaista, ja pitkäaikaiseen käyttöön liittyviin tilastoituihin alkoholisairauksiin noin 1500. Hyvin vähäinen alkoholinkäyttö voi vähentää sydäntautikuolleisuutta,

mutta jo yleisesti kohtuullisena pidetty alkoholinkäyttö lyhentää väestötasolla elinikää. Lisäksi se on tärkeimpiä syntymättömille lapsille kehityshäiriöitä aiheuttavia tekijöitä.

Suomalaisten pitkään korkeatasoisena pidetystä puhtauskulttuurista huolimatta puutteellinen hygienia elintarvikkeiden käsittelyssä johtaa edelleen sekä mikrobiologisiin että kemiallisiin riskeihin.

Kosmeettisia aineita ei useinkaan koeta erityisinä riskeinä, mutta niihin on syytä suhtautua samalla tavalla kuin muihinkin kemikaaleihin. Koska niitä käytetään ulkoisesti, suuret riskit eivät ole erityisen todennäköisiä, mutta lainsäädännön puutteellisuuksista johtuen tuotteiden koostumuksesta on varsin huonosti ja vaihtelevasti tietoa eikä ilmoitettaviakaan ainesosia ilmoiteta muilla alueilla käytetyn terminologian mukaisesti. Tiedot kliinisesti todetuista kosmeettisten valmisteiden aiheuttamista terveyshaitoista pitäisi koota yhteen rekisteriin ja käyttää terveysriskien arviointiin ja hallintaan. Monia tuotteita käytetään päivittäin koko elämän ajan (esim. saippuat, sampoot, hammastahnat), joten vaatimukset niiden turvallisuudesta tulee pitää tiukkoina. Siten niitä koskevaa lainsäädäntöä ja valvontaa on syytä tehostaa. Ilmi tulleet haitat ovat lähinnä allergiaa, mutta kun tuotteissa saattaa olla kymmeniä ainesosia, joille ei ole täsmällistä ilmoitusvelvoitetta, mukana on myös esim. syöpävaarallisia aineita, yleensä tosin pieninä pitoisuuksina. Erityisen riskiryhmän muodostaa tatuointi, joka ei kuulu minkään lainsäädännön piiriin.

Kulutustuotteiden osalta ei niin kuin kosmetiikankaan osalta ole yleistä ennakkoerektiön tai ilmoittamisen velvoitetta, vaan valmistajan ja myyjän on periaatteessa tunnettava tuotteensa riskit. Lainsäädäntö antaa riittävät mahdollisuudet, mutta viranomaisvalvonta rajoittuu pistokokeisiin ja sattuneiden ongelmien johdosta tehtyihin selvityksiin. Ongelmana on ennen kaikkea varmistaa, että elinkeinonharjoittaja todella tuntee tuotteidensa riskit ja toimii sen mukaisesti. Kemikaali ja sen haitalliset terveysvaikutukset tulisi aina merkitä ja varoittaa samalla tavalla siitä riippumatta, missä tuotteissa sitä esiintyy. Ongelmallisia tuoteryhmiä ovat mm. lelut, pesu- ja puhdistusaineet, tekstiilien värit ja käsittelyaineet. Erityinen ongelmaryhmä on erilaiset suihkeina käytettävät tuotteet, joista voi tulla hengitettäviä aerosoleja.

Jätteiden teollisuusmittakaavan kompostointiin liittyvät ympäristöterveysriskit Suomen olosuhteissa tunnetaan vielä huonosti ja ne olisi syytä selvittää ennen kuin sitä merkittävästi lisätään. Tämä edellyttää myös perustutkimusta syntyvistä bioaerosoleista, niiden koostumuksesta, toksisuudesta, leviämisestä ja väestön henkilökohtaisesta altistumisesta.

Riskinhallinnan ja riskiviestinnän onnistuminen on keskeinen asia kansalaisten luottamuksen säilyttämisessä. Eri viranomaisten toisistaan poikkeava käyttäytyminen aiheuttaa epäluottamusta ja vähentää uskottavuutta. Eri sektoreiden tulisikin lisätä yhteistyötään ja toistensa informointia. Siksi tulisi järjestää hallinnonalojen välistä yhteistä kou-



lutusta riskinarvioinnin ymmärtämiseksi, sekä riskinhallinnan ja riskiviestinnän hoitamiseksi parhaalla mahdollisella tavalla.

Sekä työtä että koe-eläimiä säästäisi merkittävästi turvallisuustestien tulosten julkisuus. Se myös altistaisi tutkimukset avoimelle tieteelliselle kritiikille ja parantaisi siten tutkimusten laatua ja luotettavuutta. Kansainvälisesti tulisi päästä sopimukseen, että tutkimukset (esim. toksikologia), joihin ihmisen turvallisuus perustuu, on julkaistava. Rationaalista tutkimusprosessia olisi tarkasteltava kriittisesti kaikin osin erityisesti EU:n REACH-ohjelman puitteissa, koska tiedot keskenään ristiriitaisistakin suunnitelmista eivät lupaa kaikin osin tilanteen parantumista.

Rationaalisen riskinarvioinnin perusteet kaipaavat uutta tarkastelua. Etenkään ristiriitaisissa tilanteissa, joissa toimenpiteistä aiheutuu yhtäaikaa sekä haittoja että hyötyjä, nykyinen riskinarviointiteknikka ei pysty antamaan yhteiskunnan kannalta optimaalisia ratkaisuja. Ongelmat keskittyvät ennen muuta eri riskien arvioimiseen vertailukelpoisella tavalla (mm. syöpä verrattuna muihin vaikutuksiin) sekä riski-hyötyarvioinnin kehittämiseen (esim. dioksiineja sisältävä kalan hyödyt ja riskit toisiinsa verrattuna). Tällaista riskianalyysin kehittämistyötä on edistettävä.

### **Erityisryhmien, yksittäisten kansalaisten ja poikkeustilanteiden kemikaaliriskit**

Kansanterveyden ohella tulee kiinnittää huomiota kemikaaleihin, joille erityisryhmät tai yksilöt altistuvat elinympäristössä, niin että siitä aiheutuu heille terveyden vaaraa. Yksilötasolla riskit voivat olla varsin suuria, vaikka altistuminen ei ole niin yleistä, että voitaisiin puhua kansanterveydessä näkyvistä vaikutuksista.

Hengitysilman suhteen häkä on esimerkki tietyissä tilanteissa esiintyvistä suurista altistustasoista ja niistä johtuvista suoranaisista äkillisistä myrkytyksistä. Nämä liittyvät kaikenlaiseen palamiseen suljetuissa tiloissa, kuten tiiviiden asuntojen puulämmitykseen, kaasuliesien käyttöön ilman kohdepoistoa asunnoissa ja asuntovaunuissa, polttomoottorien käyttöön sisätiloissa, esimerkiksi jäähalleissa ja katinghalleissa. Kuolemaan johtavia häkämyrkytyksiä on useita kymmeniä vuodessa. Usein häkäältistuksiin liittyy myös suuri typenoksidialtistus. Harrastustoiminta saattaa aiheuttaa erityisille väestöryhmille hyvin suuria kemikaaliriskejä, kun harrastustiloja ei ole suunniteltu esim. ilmamäärän ja kohdepoistojen osalta kemikaalien käyttöä silmälläpitäen. Näistä tarvitaan ennen muuta valistusta.

Pienten vesilaitosten vedenlaadun valvontatiedot tulisi koota säännöllisesti yhteen valtakunnallisesti, koska ne ovat herkkiä sekä mikrobiologisten että kemiallisten ongelmien kannalta. Saastuneista maista pohjaveteen pääsevien kemiallisten aineiden aiheuttama terveysriski ja sen ennaltaehkäisy tulisi arvioida kokonaisuutena: ongelman laajuus, riskin

ennaltaehkäisy ja varhainen havaitseminen, vedenlaadun seurannan sekä nykyisten hallinnollisten toimien riittävyys ja työnjako. Luontaisia maaperästä tulevia ongelmia on eräillä alueilla Suomessa arseenista, uraanista ja fluoridista. Uimahallien veden laatu tulisi selvittää ja arvioida, aiheutuuko kloorauksen sivutuotteista niissä riskiä uimareille.

Ravinnon kemikaaliriskit kohdistuvat useiden kemikaalien osalta tiettyihin riskiryhmiin yhteiskunnassa. Näitä ovat raskasmetallien osalta runsaasti petokalaa käyttävät harrastuskalastajat, joiden metyylielohopea-altistus on suuri, hirven maksaa ja munuaisia käyttävät metsästäjät, joiden kadmiumaltistus on suurempi kuin muilla metsästäjillä, sekä Itämeren kalastajat, joiden dioksiini- ja PCB-altistukset ovat suuremmat, kuin muulla väestöllä.

Ruoan valmistuksessa voi syntyä erilaisia myrkyllisiä kemikaaleja, joiden haitoista ei ole täyttä selvyyttä. Esimerkki on akryyliamidi, jota syntyy pieninä määrinä voimakkaasti kuumennettuja tuotteita kuten ranskanperunoita ja perunalastuja valmistettaessa ja kahvia paahdettaessa. Samoin lihaa savustettaessa, grillattaessa ja paistettaessa syntyy joukko mutageenisia ja mahdollisesti syöpää aiheuttavia aineita. Näiden osuudesta ruoan riskeihin ei ole tarkkaa käsitystä, mutta riski on todennäköisesti selvästi suurempi kuin hyvin kontrolloitujen ja tunnettujen kemikaalien ja jäämien aiheuttama riski. Se kohdistuu myös selvemmin tiettyjen tuotteiden suurkuluttajiin.

Toisen tyyppinen riskiryhmä kuluttajia on uusien kasvien, yrttien ja mausteiden kokeilijat. Kasveissa on erittäin runsaasti myrkyllisiä aineita, joten tietty varovaisuus tässä suhteessa on tarpeen. Sienimyrkytyksiä sattuu satunnaisesti. Erityinen onnettomuuden luonteinen riski voi aiheutua siitä, että elintarvikkeita on ruvettu myymään lisääntyvässä määrin tähän soveltumattomissa ympäristöissä kuten huoltoasemilla ja kioskeissa. Näissä hygienian tasoa on vaikea valvoa ja sekaantuminen muihin tuotteisiin on mahdollista.

Kulutustuotteissa erittäin suuri erityisryhmien riskiaine on metanoli. Sitä on erityisesti tuulilasin pesunesteissä, ja väärinkäytettynä se johtaa suhteellisen pieninä annoksina sokeuteen ja suurempina annoksina kuolemaan johtavaan myrkytykseen, joita sattuu Suomessa 20 - 40 vuodessa.

Pohjaveden saastuminen on merkittävin pilaantuneisiin maihin liittyvä ympäristöterveysriski. Jos pilaantuneen maan lähiympäristön pohjavettä käytetään juomavedenä tai sitä kulkeutuu vedenottamoon, juomavedestä tulisi säännöllisin välein analysoida pilaantuneessa maassa olevat/olleet ongelma-aineet altistumisen estämiseksi

Pilaantuneiden maiden terveysriskien arviointiin liittyy paljon epävarmuutta, koska altistuminen on usein paikka- ja olosuhdekohtaista. Kategorisia terveysperusteisia raja-arvoja ei ole eikä niiden soveltaminen välttämättä johtaisi parhaaseen lopputulokseen.

Riskinarviometodiikkaa tulisi kehittää epävarmuudet paremmin huomioivaksi. Tähän tarvitaan myös tutkimusta, jo todettujen tapausten analyysseja uudella näkökulmalla.

Lasten riskien erityispiirteitä liittyy useisiin altistuksiin. Ilmansaasteet aiheuttavat lisäkuolleisuutta pikkulapsilla. Sisäilma on tärkeä, koska mm. kosteusvauriot koskevat usein lasten käyttämiä tiloja kuten kouluja ja päiväkoteja. Vesiperäisten ripulitautien riskit ovat lapsilla aikuisia suuremmat. Juomaveden liiallinen fluoridi aiheuttaa fluoroosia. Uimaveden kloorauksen vaikutuksissa on selvitystarpeita. Ravinnon eräille epäpuhtauksille kuten dioksiineille kehittyvä elimistö on aikuista herkempi. Suurempi riski aiheutuu kuitenkin epätarkoituksenmukaisesta ravitsemuksesta (ns. roskaruoja). Sikiön kannalta merkittäviä kemikaaliriskejä aiheutuu äidin tupakoinnista ja alkoholinkäytöstä raskauden aikana, poikkeuksellisesti myös eräistä ympäristön kemikaaleista kuten metyylilohopeasta ja dioksiineista.

Lapsille suunnattujen kulutustavaroiden ja kosmeettisten tuotteiden osalta on riskit erityisesti harkittava. Lasten osalta keskeistä on heidän kokonaisvaltainen huomioon ottamisensa yhdyskuntasuunnittelussa, koska liikennet riskit, liikenteen päästöjen riskit, kemikaalikuljetusten riskit, koulujen ja leikkikenttien suunnittelu ja sijoitus, elinkeinoelämän ja energiantuotannon riskit on silloin helpointa ottaa huomioon kokonaisvaltaisesti.

Tässä selvityksessä on suuri määrä suosituksia, joista viisi keskeistä on priorisoitu niiden yleisesti tärkeän luonteen, keskeisyyden tai ajankohtaisuuden takia. Selvityksen Suositukset-kappaleeseen (kappale 10) on koottu kaikki toimenpidesuosituks jaotellen ne hallintoa ja tutkimustoimintaa koskeviin ryhmiin.

### **Tärkeimmät suositukset**

1. Suomessa olisi käynnistettävä koko maan väestöä edustava pysyvä **altistumis-seurantaohjelma ympäristöterveyden** kannalta merkittävälle, mahdollisesti terveydelle haitallisille kemiallisille ympäristöaltisteille, joille altistutaan sisä- ja ulkoilmassa, ravinnon ja juomaveden välityksellä tai käyttämällä markkinoilla olevia kulutustuotteita. Seurantaohjelmassa kertyvää tietokanta voitaisiin käyttää **terveysriskien arviointiin** ja muutostrendien seuraamiseen ihmisten ympäristöperäisessä kemikaalialtistumisessa. Tietoa voitaisiin käyttää hyväksi laajasti koko yhteiskunnassa, muutoksen seurannassa, suunnittelussa ja korjaavissa ja ehkäisevissä toimenpiteissä.
2. Rationaalisen **riskinarvioinnin perusteet** kaipaavat uutta tarkastelua, koska etenkin ristiriitaisissa tilanteissa, joissa toimenpiteillä tuotetaan yhtäaikaan sekä haittoja että hyötyjä, nykyinen riskinarviointitekniikka ei pysty antamaan yhteiskunnan kannalta optimaalisia ratkaisuja. Ongelmat keskittyvät ennen muuta eri

riskien arvioimiseen vertailukelpoisella tavalla (mm. syöpä vs. muut vaikutukset) sekä riski-hyötyarvioinnin kehittämiseen (esim. dioksiineja sisältävä kalan hyödyt ja riskit toisiinsa verrattuna). Tällaista riskianalyysitutkimusta on edistettävä. Riskinhallinnan ja **riskiviestinnän** onnistuminen on keskeinen asia kansalaisten luottamuksen säilyttämisessä. Eri viranomaisten toisistaan poikkeava käyttäytyminen aiheuttaa epäluottamusta ja vähentää uskottavuutta. Siksi tulisi järjestää hallinnonalojen välistä yhteistä koulutusta riskinarvioinnin ymmärtämiseksi, sekä riskinhallinnan ja riskiviestinnän hoitamiseksi parhaalla mahdollisella tavalla. Riskinhallinnassa tulee myös selvittää, mitä varovaisuusperiaatteella tarkoitetaan ja käyttää termiä johdonmukaisesti.

3. **Sisäilman kemiallisten altisteiden** terveysvaikutuksista tarvitaan lisätietoa. Eri-tyisesti mikrobitoroksiineille altistumista sisäympäristöissä ja siihen liittyviä terveyshaittoja tulisi tutkia tarkemmin. Kokeellisin tutkimuksin olisi selvitettävä mikrobitoroksiinien pitkäaikaisvaikutukset. Myös eri altisteiden yhteisvaikutuksista pitkäaikaisen altistumisen seurauksena tarvitaan lisätietoa.
4. **Jätteiden teollisuusmaiseen kompostointiin** liittyvät ympäristöterveysriskit Suomen olosuhteissa tunnetaan vielä huonosti ja ne olisi syytä selvittää ennen kuin sitä merkittävästi lisätään. Tämä edellyttää myös perustutkimusta syntyvisistä bioaerosoleista, niiden koostumuksesta, toksisuudesta, leviämisestä ja väestön henkilökohtaisesta altistumisesta.
5. **Pilaantuneiden (saastuneiden) maiden** kemiallisten aineiden aiheuttama terveysriski ja sen ennaltaehkäisy tulisi arvioida mm.:
  - ongelman laajuus
  - nykyisten hallinnollisten toimien riittävyys,
  - toimijat ja viranomaisten keskinäinen työnjako
  - riskin ennaltaehkäisy ja sen varhainen havaitseminen
  - pilaantuneiden maiden kaavoitus, ohjeistus ja käyttö
  - pohjaveden laadun seuranta, lisätutkimustarpeet (mm. pohjavesiin liittyvän torjunta-aineongelman laajuus)
  - riskinarviointimetodiikka.

Asiasanat: kemikaalit, terveysriskit, ympäristö, ympäristöterveys, KTL

Författare: Matti Jantunen, Hannu Komulainen, Aino Nevalainen, Jouko Tuomisto, Rai-li Venäläinen, Matti Viluksela. **Utredning av kemikalieriskerna i livsmiljön** – en bakgrundsutredning till ett nationellt kemikalieprogram

Folkhälsoinstitutets publikationer, B11/2005, 257 sidor

ISBN 951-740-495-6; 951-740-533-2 (pdf-version)

ISSN 0359-3576

<http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/>

## SAMMANDRAG

Folkhälsoinstitutet har utarbetat en utredning av kemikalieriskerna i livsmiljön för att få en bas för ett nationellt kemikalieprogram. Uppdragsformuleringen har getts en bred och fördomsfri tolkning, vilket enligt författarnas åsikt bäst gagnar framtidsplaneringen. Sålunda har bl.a. begreppet kemikalie fått en bredare omfattning än vad fallet hittills oftast har varit. Detta är nödvändigt om man ska prioritera riskerna på ett meningsfullt sätt och övergå från ett sektorbaserat tänkande till en helhetssyn och därmed åstadkomma betydelsefulla förbättringar i folkhälsan.

Detta har till följd att angreppssättet inte är kemikaliebaserat utan medborgarbaserat. Det har inte varit viktigt att behandla enskilda ämnen kemikalievis utan författarna har utgått från olika områden i människans livsmiljö och försökt kartlägga de viktigaste faktorerna med effekt på hälsan inom varje område och eventuella obekanta riskfaktorer. Därtill har de försökt kartlägga olika sätt att identifiera faktorer som orsakar obekanta risker. Sålunda har de börjat med att kartlägga exponeringen. Grundtanken är nämligen: ingen risk utan exponering. Riskerna är sannolika med ämnen som tillförs kroppen på normala vägar: genom luftvägarna, via mat och dryck genom munnen och genom huden. Av det medborgarbaserade angreppssättet följer också direkt prioriteringens betydelse: för medborgarens hälsa är det viktigare att definiera de kemikalier eller övriga faktorer som orsakar de största riskerna än riskerna med tusentals marginella faktorer. Detta förutsätter gediget kunnande och mod att prioritera.

Det är också viktigt att göra en åtskillnad: vilken teoretisk förmåga att orsaka hälsoproblem (riskpotential) har en faktor och vilken är sannolikheten för att denna faktor gör det i vårt samhälle? Till exempel bekämpningsmedel innehåller synnerligen toxiska substanser med hög riskpotential. Risken kan bli verklighet i okontrollerade förhållanden t.ex. i utvecklingsländer, men tack vare en rigorös kontroll är riskerna i det finska samhället ringa. Å andra sidan är t.ex. riskpotentialen vid vedförbränning i liten skala inte lika stor, men då man hittills inte har gjort något konkret för att kontrollera utsläppen, medför detta i verkligheten större risker än välkontrollerade, teoretiskt farligare processer.

Utöver de ur folkhälsosynpunkt viktiga exponeringskällorna har vissa potentiella exponeringskällor behandlats, vilka kan ge upphov till kemikalierisker i exceptionella situationer. Till dessa hör bl.a. konsumtionsvaror, avfall, avloppsvatten och förorenad jord. Vidare har författarna försökt bedöma om kemikalieriskutvärderingen i vårt samhälle sker på ett sådant sätt att den på ett vetenskapligt hållbart sätt ger säkerhet på alla livets områden, prioriterar riskerna rätt och undviker att slösa resurser på detaljer som sannolikt inte gagnar folkhälsan eller särskilda riskgrupper. Lagstiftningen har beaktats vid behov och myndighetssamarbete har betonats när detta har ansetts leda till ett bättre helhetsresultat än sektorvisa åtgärder.

I utredningen tas upp de agens som konstateras vara problematiska eller som borde undersökas som potentiella problem. En noggrannare utredning av de senare kan visa att några hälsorisker inte finns, men för att bekräfta detta behövs ofta ytterligare undersökningar.

Det har blivit klart i utredningen att kemikaliernas antal, som ofta betonats som en viktig riskkälla, inte har någon större relevans, vare sig det gäller 10 000, 30 000 eller 100 000 kemikalier i bruk. Bland de syntetiska kemikalierna kan man relativt tillförlitligt sälla fram de som sannolikt har risker och de som sannolikt saknar betydelsefulla risker. Första fasen vid sällningen är att bedöma exponeringsrisken. Man kan utgå från att det är ett relativt litet antal kemikalier som orsakar största delen av kemikalieriskerna för människorna. Då kan det vara viktigare för folkhälsan att om så bara delvis minska dessa risker än att helt avlägsna riskerna från ett stort antal mindre viktiga kemikalier.

Speciellt i massmedierna förekommer ofta tanken att även om enstaka kemikalier i sig inte skulle medföra risker, exponeras vi för låga halter av så många kemikalier att deras samverkan kan vara oförutsebar. Oron är befogad, men än så länge har man ytterst sällan upptäckt andra än additiva verkningar, m.a.o. att den sammanlagda verkan är summan av de enskilda verkningarna. Som exempel på betydande samverkan kan nämnas alkohol och tobak respektive radon och tobak. Jämfört med exponeringen för miljökemikalier används många läkemedel i höga doser och kunskaperna om interaktioner mellan dem ökar hela tiden. Möjligheten till samverkan får därför inte glömmas vid bedömningen, men enligt vad man nu vet är den inte någon speciell källa till oförutsedda risker.

När man sällar fram de kemikalier som ska prioriteras är de naturliga kemikalierna i miljön ett problem då man ofta vet mindre om dem än om syntetiska kemikalier. Frågan aktualiseras t.ex. när man pumpar upp grundvatten ur borrhunnar eller exponeras för stora mängder växtsubstanter när man provar nya och exotiska maträtter. En annan svår grupp som man vet för litet om är kosmetika, då branschen traditionellt har motsatt sig varudeklarationer.

Att klarlägga exponeringen på olika vägar för de potentiellt viktigaste kemikalierna bedöms vara både innehållsmässigt och ekonomiskt det bästa sättet att kartlägga helhetssituationen även med tanke på monitorering. Att monitorera exponeringen skulle också tjäna till att visa förändringstrenderna och därför borde man överväga att starta ett mo-

nitoreringsprogram. Som ett grovt prioriteringsverktyg kan här tjäna begreppet dosfraktion som betyder den andel av utsläppet eller produktionen av en kemikalie eller en faktor som hamnar i människokroppen ( i hela befolkningen).

Samtidigt som man riktar uppmärksamheten på och prioriterar åtgärderna mot folkhälsomässigt betydelsefulla kemikalier ska man också beakta olika riskgrupper, i vilka exponeringarna kan vara helt andra än i huvudbefolkningen. Ingen får bli utsatt för sådana doser att de skulle innebära stora personliga risker, även om fallet skulle sakna betydelse i folkhälsohänseende. Exponering för kemikalier i arbetsmiljön är det mest typiska riskfallet, men detta tema utelämnas här därför att det kommer att behandlas i en annan utredning. I denna utredning tas ställning till andra situationsbundna risker som kan gälla lokala frågor såsom giftiga kemikalier i dricksvatten, speciella befolkningsgrupper eller vissa aktiviteter såsom hobbyer. Då Europeiska Unionen har lyft fram barnen som en specialgrupp, framhävs här de speciella risker barnen är utsatta för och de utvecklingsstörningar som får sin början under graviditet och amning.

Det är inte meningen här att ge lösningar på problemen även om vissa förslag har gjorts. Huvudsakligen har författarna försökt presentera och beskriva de problem som kräver åtgärder och i andra fall påvisa att det inte finns märkbara problem. Det senare fallet kan i huvudsak endast avse den nationella situationen och en friare import kan medföra ett behov av omvärdering när det gäller livsmedel och konsumtionsvaror.

### **Centrala risker på befolkningsnivå**

Med tanke på folkhälsan verkar luften för tillfället vara den minst kontrollerade källan till substanser med effekt på människans hälsa. Problemet ökar i betydelse i och med att ökad trafik, energiproduktion och industri innebär ökade utsläppskällor. Europeiska Unionen har nyligen gett ut en uppskattning att småpartiklar orsakar t.o.m. 300 000 dödsfall i förtid om året. Detta är ett stort antal och man kan inte tänka sig några enstaka miljökemikalier som skulle ha så stor inverkan på folkhälsan. Därför borde man effektivisera analysen av kvalitativa och kvantitativa förändringar i luftföroreningsexponeringen och bedöma orsakerna till och utvecklingen av situationen och dess effekter på folkhälsan.

Bland luftföroreningar är det jämte småpartiklar åtminstone ozon och kolmonoxid som man enligt vad man nu vet ska ha uppsikt över. Bland åtgärderna att minska utsläppen rekommenderas åtminstone att man ska ersätta gamla fordon med nya, förse dieselfordon med avgaspartikelfilter, reglera utsläppen från vedeldning och minska bensenutsläppen från trafiken. Samhälleliga beslut spelar en viktig roll vid val av energiproduktionsform (kol, naturgas, kärnkraft), trafikform (lastbil, spårbunden trafik), samhällsstruktur (trafikledernas säkerhet, bosättningens placering i förhållande till trafiken, barnens skolvägar) och industristruktur (tung industri, elektronikindustri), då olika val leder till olika följder med tanke på miljöhälsan. Även Finland berörs delvis av stora europeiska lösningar. För att påverka dessa ska vi hellre agera än reagera.

Man vet fortfarande inte särskilt mycket om luftföroreningarnas verkningsmekanismer och därför är det viktigt att utreda toxikologin för följande källors del: småpartiklar, vårdamm, fordonsdäckdamm och rökgasutsläpp från småskalig vedeldning. Också riktade epidemiologiska studier behövs.

Inomhusluftens hälsovådliga exponeringseffekter vet man trots de senaste årens intensiva forskning fortfarande för litet om. Därför borde man skaffa bättre kännedom om både hälsoeffekterna av de föroreningar (bl.a. ozon) som förs från utomhusluft till inomhusluft och utsläppen från byggnads- och inredningsmaterial och biologiska faktorer i fuktskadade hus såsom mikrobtoxiner. Inomhusluftens betydelse är stor av två orsaker: för det första vistas man inomhus t.o.m. 90 % av tiden och för det andra är dosfraktionen (d.v.s. den del som hamnar i kroppen) av de agens som härrör från inomhuskällor av en högre storleksklass jämfört med de agens som kommer från utomhusluften. Detta ställer speciella krav på de ämnen som byggnadsmaterial avger, och förutsätter adekvat kontroll.

Kunskapen om mikrobtoxiner är bristfällig och deras roll i problem med inomhusluften borde studeras. Exponeringen för tobaksrök inomhus borde ytterligare minskas. Kemikalieexponering vid olika hobbyaktiviteter är ett område som man på grund av obefintlig övervakning inte vet mycket om men som i enstaka fall kan visa höga exponeringar. På alla dessa områden behövs utbildning och konsumentupplysning.

Aktiv rökning utgör den överlägset främsta exponeringen genom luftvägarna. Temat har bara i korthet behandlats i utredningen, då effekterna på hjärt- och kärlsjukdomsincidensen och -dödligheten såsom också på cancerdödligheten är välkända.

Dricksvattnet orsakar både mikrobiologiska och kemiska risker och av dessa är de mikrobiologiska, om de inte är under kontroll, överlägset viktigast, vilket syns speciellt i utvecklingsländer. Den långt utvecklade vattenbehandlingstekniken i vårt land garanterar den mikrobiologiska säkerheten tämligen bra, men det förekommer ändå flera vattenburna epidemier årligen. Kemikalieriskerna som härrör från desinficeringen av dricksvattnet har varit föremål för aktiv forskning i Finland och detta har bidragit till en stark utveckling när det gäller att skaffa vatten och behandla det i vattenverk. Andelen ytvatten har minskat från ca 56 % år 1987 till ca 41 % år 2000. För närvarande kan hushållsvattnet i de största städerna betecknas som högklassigt och det är inte mera lätt att med nuvarande teknik kännbart minska t.ex. mutagenitetsriskerna. Också de stora grundvattenverken producerar vatten av god och säker kvalitet. Ett problemfall är mindre ytvattenverk, där behandlingen inte garanterar full mikrobiologisk renhet, och ring- och borrhunnar på vissa grundvattenområden, där halterna av fluorid, arsenik, uran och radon kan vara höga. Härvid behövs handledning.

Kemikalieriskerna i samband med föda är ringa i Finland när det gäller välkontrollerade och välkända kemikalier såsom bekämpningsmedelsrester och tillsatser och på befolkningsnivå tungmetaller, organiska bioackumulerande föreningar såsom dioxiner, PCB-föreningar och läkemedelsrester. De överlägset viktigaste folkhälsoriskerna kom-



mer från själva födan. För högt intag i förhållande till energibehovet och hög sockerhalt leder till fetma, hjärt- och kärlsjukdomar, och ökad risk för diabetes och cancer. Hårda fetter har samband med artärskleros och hjärt- och kärlsjukdomar och för högt saltintag med högt blodtryck och hjärt- och kärlsjukdomar. I vidare mening är också dessa födo-relaterade kemikalierisker. Den viktigaste enskilda kemikalien som utgör en hälsorisk är etanol. Ca 400 finländare dör årligen av etanolförgiftning och statistikförda alkoholrelaterade långtidssjukdomar skördar ca 1500 offer. Ett mycket lågt alkoholbruk kan minska dödligheten i hjärtsjukdomar men redan ett bruk som allmänt anses vara måttligt minskar livslängden på befolkningsnivån. Därtill är etanol en viktig orsak till utvecklingsstörningar hos ofödda barn.

Trots att hygieninivån i Finland sedan länge ansetts vara hög är den inte alltid det vid behandling av livsmedel och följden kan vara mikrobiologiska och kemiska risker.

Kosmetika uppfattas inte ofta som risker, men de ska tas på samma sätt som andra kemikalier. Då de används utvärtes är stora risker inte sannolika, men till följd av bristfällig lagstiftning vet man om deras sammansättning i varierande grad och i allmänhet ganska litet. De ingredienser som är obligatoriska att deklarerat anges inte heller med den terminologi som är gängse på andra områden. Uppgifterna om kosmetiska produkters kliniskt konstaterade skadliga effekter på hälsan borde samlas i ett register och användas till bedömning och kontroll av hälsoriskerna. Man använder många produkter dagligen under hela livet (t.ex. tvål, shampoo, tandkräm) varför kraven på deras säkerhet ska hållas strikta. Lagstiftningen och kontrollen i fråga om dem borde skärpas. De upptäckta skadliga verkningarna är mest allergi, men då produkterna kan innehålla tiotals beståndsdelar som inte berörs av en exakt deklareringsplikt, kan också cancerogena substanser ingå även om halterna vanligen är låga. Ett speciellt riskområde är tatuering, som inte berörs av någon lagstiftning.

I fråga om konsumtionsvaror i likhet med kosmetika finns ingen allmän skyldighet till förhandsregistrering eller anmälning, utan tillverkaren och säljaren måste i princip veta riskerna med produkten. Lagstiftningen är tillräcklig men myndighetskontrollen begränsas till stickprov och utredningar till följd av uppkomna problem. Problemet är framför allt att säkra att näringsidkaren faktiskt känner till riskerna med sina produkter och handlar adekvat. En kemikalie och dess skadliga hälsoeffekter borde alltid anges och varnas för oberoende av i vilka produkter den förekommer. Problematiske produktgrupper är t.ex. leksaker, tvätt- och rengöringsmedel, textilfärger och -behandlingsmedel, likaså också olika aerosolprodukter, som man ofrivilligt kan andas in.

Hälsoriskerna i samband med avfallskompostering i industriell skala i Finland är dåligt kända och de borde klarläggas innan komposteringen avsevärt ökar. Detta förutsätter grundforskning om de bioaerosoler som därvid uppstår, deras sammansättning, toxicitet, spridning och befolkningens exponering.

För att medborgarnas förtroende ska bevaras är det viktigt med lyckad riskkontroll och riskkommunikation. Om olika myndigheter handlar på olika sätt leder det till misstro. De berörda sektorerna borde öka samarbetet och den inbördes informationen. Därför borde man organisera gemensam utbildning för olika förvaltningsgrenar för att öka förståelsen av riskbedömning och för att sköta riskkontroll och riskkommunikation på ett optimalt sätt.

Om säkerhetstestresultaten var offentliga skulle en mängd arbete och försöksdjur sparas. Det skulle också utsätta undersökningarna för öppen vetenskaplig kritik och sålunda höja deras kvalitet och tillförlitlighet. Man borde nå ett internationellt avtal att sådana studier (t.ex. toxikologi) som människans säkerhet bygger på måste publiceras. Den rationella forskningsprocessen borde analyseras kritiskt till alla delar speciellt inom ramen för EU:s REACH-program, då uppgifterna om motstridiga planer inte bådär gott för framtiden.

Grunderna för en rationell riskbedömning bör ses över. Speciellt i kontroversiella situationer, då åtgärder samtidigt orsakar både nytta och skada, kan den nuvarande riskbedömningstekniken inte ge från samhällets synpunkt optimala lösningar. Problemen gäller främst bedömning av olika risker på ett jämförbart sätt (bl.a. cancer jämfört med andra verkningar) och risk – nyttabedömning (t.ex. risk – nyttajämförelse i fråga om fisk som innehåller dioxiner). Detta slag av riskanalys bör utvecklas.

### **Kemikalierisker för speciella grupper, enskilda medborgare och i undantagssituationer**

Utom risker för folkhälsan ska man ta hänsyn till kemikalier som vissa grupper eller individer utsätts för i sin livsmiljö, så att det föreligger fara för hälsan. På individnivå kan riskerna vara höga, trots att exponeringsfallen inte är så allmänna att man kunde tala om synliga effekter på folkhälsan.

Kolmonoxid i inandningsluften är ett exempel på höga exponeringsnivåer i vissa situationer med åtföljande akuta förgiftningar. Det är fråga om förbränning i slutna utrymmen, t.ex. vedeldning i bostäder, gasspisar utan punktutugning i bostäder och husvagnar, förbränningsmotorer inomhus, t.ex. i ishallar och kartinghallar. Det inträffar årligen tiotals kolmonoxidförgiftningar med dödlig utgång. Ofta är kolmonoxidexponering förbunden med hög kväveoxidexponering. Hobbyverksamhet kan innebära höga risker för vissa befolkningsgrupper, då hobbylokalerna inte är planerade med tanke på att det behövs tillräckligt med luft och punktutugning om kemikalier används. Här behövs framför allt upplysning.

Vattenkontrolluppgifterna från små vattenverk borde samlas regelbundet till ett riksomfattande register, då anläggningarna är känsliga för mikrobiologiska och kemiska problem. Att det läcker kemikalier ur förorenad jord till grundvatten innebär en hälsorisk, som i

förebyggande syfte borde utvärderas som helhet: problemets omfattning, förebyggande, tidig upptäckt, vattenkvalitetskontroll administrativa åtgärder och samarbete mellan berörda parter. I vissa trakter i Finland förekommer arsenik, uran och fluorider naturligt i jorden och ger upphov till problem. Vattenkvaliteten i simhallar borde utredas och därvid bedömas om det vid kloreringen uppstår biprodukter som utgör en risk för badare.

Vissa kemikalier i födan utgör en risk för en del grupper. För tungmetallernas del gäller det hobbyfiskare som äter rovfisk och därvid utsätts för höga halter metylkvicksilver. Älgjägare som äter lever och njurar får i sig mer kadmium än andra jägare och för Östersjöfiskare är dioxin- och PCB-exponeringen högre än i övrig befolkning.

Vid matförorening kan det uppstå giftiga kemikalier, vilkas skadeverkningar är brisfälligt kända. Ett exempel på dem är akrylamid, som uppstår i små mängder vid tillverkning av starkt upphettade produkter såsom pommes frites eller potatisschips eller vid kafferostning. Likaså uppstår en mängd mutagena och eventuellt karcinogena ämnen när man röker, grillar eller steker kött. Vilken andel dessa har bland riskerna från maten vet man inte exakt, men risken är sannolikt klart högre än den från välkända och välkontrollerade kemikalier. Den riktas också tydligare mot storkonsumenter av vissa produkter.

En annan typ av riskkonsumenter är de som prövar nya växter, örter och kryddor. Växter är ofta rika på giftiga ämnen varför det är viktigt med försiktighet. Svampförgiftningar inträffar enstaka gånger. En ny riskform utgörs av att ökade mängder livsmedel har börjat säljas i oändamålsenliga utrymmen, t.ex på servicestationer och i kiosker. Där är hygien svårare att kontrollera och förväxlingar med andra produkter kan ske.

Bland konsumtionsprodukterna är metanol en stor risk för vissa grupper. Ämnet finns i vindrutespolarvätskor och missbrukat kan det i relativt låga doser orsaka blindhet och högre doser kan vålla en förgiftning med dödlig utgång, vilket i Finland sker 20 – 40 gånger om året.

Förorening av grundvatten är den viktigaste hälsorisken från förorenad jord. Om vatten som varit i kontakt med förorenad jord används som dricksvatten eller om det förs till en vattentäkt, borde man med jämna mellanrum kontrollera dricksvattnet med avseende på de förorenande substanserna för att hindra exponering.

Att utvärdera hälsoriskerna med förorenad jord är förknippat med mycket osäkerhet, då exponeringen ofta varierar från fall till fall. Några kategoriska hälsobaserade gränsvärden finns inte och att tillämpa sådana skulle inte nödvändigtvis leda till ett optimalt resultat. Riskbedömningsmetodiken borde utvecklas så att den bättre tar hänsyn till osäkerhet. Detta kräver studier och analyser av konstaterade fall ur nya synvinklar.

Vid många exponeringar har barnens risker speciella drag. Luftföroreningar ökar spädbarnsdödligheten. Inomhusluften spelar en stor roll då fuktskador ofta förekommer i lokaler som är avsedda för barn såsom skolor och daghem. Riskerna för vattenburna diarréer är större hos barn än hos vuxna. För hög halt fluorid i dricksvatten orsakar fluo-

ros. Verkningsarna av klorerat badvatten är inte helt klarlagda. Kroppen som utvecklas är känsligare för vissa orenheter i födan, t.ex. dioxiner, än en vuxen kropp. En större risk utgörs ändå av olämplig föda (s.k. skräpmat). Fostret utsätts för betydliga kemikalierisker om mamman röker eller använder alkohol under graviditeten. Detsamma gäller i vissa fall också några kemikalier i miljön, t.ex. metylkvicksilver och dioxiner.

Riskerna med för barn avsedda konsumtionsvaror och kosmetika bör bedömas. I samhällsplaneringen bör barnens roll i helhetsbilden beaktas då man tar ställning till risker förbundna med trafiken, utsläpp från trafiken, kemikalietransporter, planering och placering av skolor och lekplatser, näringsliv och energiproduktion.

Denna utredning innehåller en mängd rekommendationer, av vilka fem har prioriterats på grund av deras centrala natur eller aktualitet. I kapitlet Rekommendationer (kapitel 10) har samlats alla rekommendationer om åtgärder uppdelade i grupper angående administration och forskning.

### De viktigaste rekommendationerna

1. I Finland borde startas ett **uppföljningsprogram angående miljöhälsomässigt viktiga, eventuellt hälsofarliga kemiska agens**. Programmet skulle omfatta hela befolkningen och gälla agens som man utsätts för i inomhus- och utomhusluften, via näring och dricksvatten eller genom användning av konsumtionsvaror. Genom programmet skulle samlas en databas som skulle användas till **hälsoriskbedömning** och till uppföljning av förändringstrender i människornas exponering för gifter i miljön.

Databasen skulle kunna utnyttjas i hela samhället för planering, förebyggande och korrigering.

2. **Grunderna för en rationell riskbedömning** bör ses över. Speciellt i kontroversiella situationer, då åtgärder samtidigt orsakar både nytta och skada, kan den nuvarande riskbedömningstekniken inte ge från samhällets synpunkt optimala lösningar. Problemen gäller främst bedömning av olika risker på ett jämförbart sätt (bl.a. cancer jämfört med andra verkningar) och risk – nyttabedömning (t.ex. risk – nyttajämförelse i fråga om fisk som innehåller dioxiner). Detta slag av riskanalys bör utvecklas.

För att medborgarnas förtroende ska bevaras är det viktigt med lyckad riskkontroll och riskkommunikation. Om olika myndigheter handlar på olika sätt leder det till misstro. De berörda sektorerna borde öka samarbetet och den inbördes informationen. Därför borde man organisera gemensam utbildning för olika förvaltningsgrenar för att öka förståelsen av riskbedömning och för att sköta risk-

kontroll och riskkommunikation på ett optimalt sätt. Riskkontroll förutsätter också att man gör klart för sig vad som menas med försiktighetsprincipen och att man använder termen konsekvent.

3. Det behövs mera kunskaper om hälsoverkningarna av **kemiska agens i inomhusluften**. Speciellt exponeringen för mikrobtoxiner inomhus och därmed förknippade hälsofaror borde studeras närmare. Mikrobtoxinerens långtidsverkningar borde klarläggas genom experimentella studier. Också samverkan av olika agens efter längre tids exponering borde man skaffa mera kunskaper om.
4. Hälsoriskerna i samband med **avfallskompostering i industriell skala** i Finland är dåligt kända och de borde klarläggas innan komposteringen avsevärt ökar. Detta förutsätter grundforskning om de bioaerosoler som därvid uppstår, deras sammansättning, toxicitet, spridning och befolkningens exponering.
5. För att förebygga och komma till rätta med hälsorisken med kemiska ämnen i **förorenad (kontaminerad) jord** borde man utvärdera bl.a.
  - problemets omfattning
  - om de nuvarande administrativa åtgärderna är tillräckliga
  - olika aktörer och myndigheternas arbetsfördelning förebyggande och tidig upptäckt av risk
  - planering av markanvändning på förorenade områden, rådgivning
  - uppföljning grundvattenkvalitet, behov av ytterligare undersökningar (bl.a. omfattning av problemet med bekämpningsmedel i grundvatten)
  - riskbedömningsmetodik

Ämnesord: kemikalier, hälsorisk, livsmiljö, KTL

Editors: Matti Jantunen, Hannu Komulainen, Aino Nevalainen, Jouko Tuomisto, Raili Venäläinen, Matti Viluksela. Evaluation on health risks of chemicals in our environment – Report for National Chemical Programme  
Publications of the National Public Health Institute, B11/2005, 257 Pages  
ISBN 951-740-495-6; 951-740-533-2 (pdf-version)  
ISSN 0359-3576  
<http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/>

## **EXECUTIVE SUMMARY**

The Government Programme of Prime Minister Matti Vanhanen's Government on 24 June 2003 stipulated that a National programme on hazardous chemicals should be drawn up. A joint Committee of different ministries will formulate the Program, and several research institutes were given the task of preparing background texts for the Program on their respective areas of expertise. KTL (National Public Health Institute of Finland) was given the task of preparing a background text on chemicals and chemical exposures in the living environment especially considering human health. The practical work was done at the Department of Environmental Health in Kuopio.

The task was interpreted broadly and with open mind so as to make the document as useful as possible for future planning. Therefore even the term chemical has been used more liberally than in most administrative contexts. This is necessary to be able to prioritise risks in a meaningful way, and to be able to ascend from sectoral understanding to holistic command of the issues, and to enable true improvement of public health.

That said it follows that the approach is not chemical-based but citizen-based. It was not felt important to deal with individual chemicals as a starting point, but to delineate various segments of human environment, and try to map in each region the most important factors affecting health. Also possible unknown factors potentially causing risks to citizens were felt important, in order to be able to sketch methods for identifying chemicals causing unknown risks. This means in practice studying first the exposures. The paradigm is that without exposure there can be no risk.

Chemical exposures are not limited to intentionally manufactured chemical products, but include also chemicals formed in combustion processes, natural compounds from geological and biological processes, etc. Risks may be foreseen from substances received through obvious basic routes (inhalation, oral food and drink, and sometimes dermal). Citizen-based approach also leads directly to prioritisation: it is more important for the citizen and public health to assess the chemicals with the greatest risk potential, rather than marginal risks chemical by chemical. This presupposes solid knowledge and understanding of the issues as well as willingness to prioritise.

It is also important to understand the difference between two things: the potential to cause harm, and the likelihood of harm to materialise. There are very toxic compounds among e.g. pesticides, and their potential of causing harm is very great. The risk may materialise in uncontrolled conditions, e.g. in developing countries, but because of existing strict control measures the actual risks in Finland are not significant. A different example is small-scale burning of wood. The risk potential is not as high as with pesticides, but practically nothing has been done yet to control the emissions, and therefore the actual risks are higher than those of the well-controlled pesticides.

In addition to exposures important at the level of public health in general, several sources causing risks in special conditions have been dealt with. These include consumer products, waste and wastewater, and contaminated soil. Moreover, an attempt was made to evaluate whether or not the present chemical risk assessment process is serving well the purpose it has been assigned in our society, to assess and predict risks in scientific evidence-based manner so as to guarantee safety similarly in all sectors of life, prioritise risks correctly, and avoid wasting resources to details with negligible impact on public health or health of special groups. Legislation has been dealt with only selectively, and collaboration between different authorities has been emphasized, whenever it was deemed to lead to better results than sectoral activities.

In the present review those exposures are emphasized that are considered problematic or that could be potential problems. A more thorough treatment of the latter may reveal that there is no concern, but stating this may require more research.

It was clear from the review that the often-emphasised number of existing chemicals is not a very relevant starting point, be it 10 000, 30 000 or 100 000 chemicals around. It is possible to screen with reasonable accuracy those synthetic chemicals that are probably of concern, from those of no or minor concern. The first step is to evaluate the possibility of human exposure. It is likely that a relatively low number of chemicals cause a major proportion of chemical risks to humans. Decreasing this major portion even in part may be more important for public health than attempting to totally abolish the risks of a multitude of insignificant chemicals.

It is a widely held opinion especially in the media that we are simultaneously exposed to low concentrations of so many chemicals that synergistic effects may become significant. This is a valid concern, but as yet experience with similarly acting chemicals has revealed mostly additive effects, which are predictable by summation, or no interaction in case of different mechanisms. Examples of synergism are alcohol and tobacco in oesophageal cancer, and radon and tobacco in lung cancer causing multiplicative effects. Drugs are used in medical treatment at usually much higher doses than most environmental exposures, and therefore new information on drug interactions is continuously emerging. A usual mechanism is by inhibiting liver enzymes to slow down the elimina-

tion of other chemicals. Hence the possibility of interactions should be kept in mind, but as far as we presently know, important unpredictable effects are unlikely and rare.

When screening the chemicals to prioritise them, the natural chemicals of the environment and living organisms are in fact a significant problem, because we understand often less about them than about man-made synthetic chemicals. This may be a significant issue when pumping ground water from deep wells, or when experimenting with new or exotic foodstuffs with high numbers of natural chemicals. Another poorly known area is cosmetics, because obligations to publish complete ingredient lists have traditionally been fiercely opposed by the producers (and some products are even promoted as having not been tested).

Assessment of exposure to the potentially most important chemicals via different exposure routes is also important for monitoring, and it is the most economical way of screening the overall situation. Exposure monitoring may also reveal time trends. Therefore starting a population based exposure-monitoring program should be considered. A useful tool for the initial prioritisation may be intake fraction. It indicates the fraction of total emission or total amount produced, taken up by human beings on total population level.

While emphasising and prioritising actions on chemicals important for public health, it is also important to appreciate risk groups, whose exposures might be totally different from those of the main population. No one should be exposed to such an extent that it would cause high personal risks, even if the matter were not important from public health point of view. A typical personal exposure is occupational exposure to chemicals. This is not dealt with here, because the Institute of Occupational Health of Finland is preparing a separate document on the issue. Other special risks are dealt with, and they may concern with local issues such as toxic contaminants of ground water, special population groups, or specific activities such as recreational or leisure-time activities. Because European Union has emphasised the environmental health risks of children, this review also emphasises the specific features of risks of children, and developmental risks during pregnancy and nursing.

This review does not aim to propose specific solutions for problems, although some actions have been proposed. Mostly the problems requiring actions have been introduced and described, or in some cases evidence has been presented to illustrate that there are no special problems in certain areas. The latter means national evaluation at this time, since e.g. free trade may change the situation, and such issues may need to be reconsidered especially concerning food and consumer products.

## **High priority risks at the population level**

Urban air seems to be the most problematic source of substances affecting health. Its role is amplified by the continuous increase of sources, when traffic, energy production



and industries increase in volume. European Union just published an estimate that fine particulate matter causes 300 000 extra deaths annually in Europe. It is hard to imagine any environmental chemicals having an impact on public health of even close to this order of magnitude. Therefore assessment of air pollution exposure and its qualitative and quantitative changes must be even more effectively scrutinised than presently, the causes, trends, and public health impacts monitored, and mitigation policy options carefully evaluated.

Air pollutants to be monitored include fine particulate matter, ozone and carbon monoxide. Specific measures to be implemented are replacement of old vehicles by new ones with improved technology, enforcement of particle traps for diesel engines, restrictions and emission controls of local wood burning, and further decrease of benzene emissions from traffic. Societal decisions on choice of energy production (coal, natural gas, nuclear), traffic solutions (diesel vehicles, electric rail solutions), city planning (road safety, location of housing in regard to traffic routes, children's safe routes to school) and industrial priorities (heavy industries, electronics industries) are crucial, because environmental health consequences vary to a remarkable extent between the choices. Health assessment should be an integral part of such decisions. Partially Finland depends on large-scale European decisions, and one should be there proactive rather than reactive.

Mechanisms of action of air pollutants are still known very poorly. It is essential to find out toxic mechanisms of fine particulate matter, spring-time dust, fine particles produced by diesel vehicles and vehicle tires, and local small-scale wood burning. Also epidemiological studies scrutinising all these are needed.

Even after very active research efforts in Finland on indoor air, our ignorance on harmful exposures is still discomforting. Knowledge on outdoor derived indoor pollutants (e.g. ozone) as well as on emissions from building materials and upholstery must be improved. Biological emissions such as microbial toxins in moisture damaged buildings must be scrutinised. The role of indoor air is crucial for two reasons, first, 90 % of time is spent indoors, and second, the intake fraction of indoor emissions is orders of magnitude higher than that of outdoor emissions. This will set special requirements for substances emitted by building materials and their inspection.

Understanding the role of microbial toxins is meagre, and their role in indoor air problems should be investigated. Environmental tobacco smoke is still a problem, which should be acted upon. A specific problem is the various spare time activities and hobbies where chemicals are used in poorly ventilated and controlled rooms. There is no information on the exposures and little control over them, so the exposures may sometimes be very high. In all of these areas public and professional education is highly important.

Active smoking causes by far the highest inhalation exposures, but it is not dealt with in detail, because the health effects on the incidence and mortality of cardiovascular diseases as well as cancer mortality are well known, and so are the control options.

Drinking water is a source of microbial as well as chemical risks. Microbial risks are far more important, if they are poorly controlled. This can be easily seen in developing countries. The highly developed water purification technology in our society safeguards microbiological safety reasonably well, but in smaller localities several epidemics are still encountered each year. Risks of water disinfection have been studied in Finland thoroughly during the last 20 years, and this has led to extensive development both in finding better raw water sources and also improved waterworks technologies. The proportion of surface water as raw water decreased from 56% in 1987 to about 41 % in 2000. Presently the water quality in all major towns is high, and it cannot easily be improved further by the technology presently available. Also major ground-water waterworks produce good-quality and safe water. The problem is small ground- or surface-water stations, whose water treatment does not fully guarantee microbiological safety, and ground water wells in certain regions with high concentrations of fluorides, arsenic, uranium, and radon. In these issues further progress is needed.

The chemical risks of food are small in Finland as far as well-controlled chemicals are concerned, such as pesticide residues and food additives. Even heavy metals, dioxin and PCB-compounds and drug residues are not a problem for the general population, but they may be to certain specific groups (see below). By far the most important health risks are caused by the main food constituents, most importantly excessive food intake and too high sugar content related to energy needs, leading to obesity, cardiovascular diseases, increased risks of diabetes and cancer; excessive saturated fats leading to arteriosclerosis and cardiovascular diseases; excessive salt leading to high blood pressure and cardiovascular diseases. In broad sense also these are chemical risks of food.

The single chemical causing the most remarkable health risks in Finland is ethyl alcohol. Alcohol intoxication kills about 400 Finns per year, and long-term alcohol-related diseases kill another 1500. Low alcohol consumption may decrease cardiovascular mortality, but already levels that most people consider moderate shorten life expectancy at population level. Moreover it is one of the most important causes of developmental defects of children.

While the hygienic level of Finns is considered to be very good, hygienic problems in food handling still leads to occasional acute microbiological and chemical risks.

Cosmetics are not presently thought of as risks, but there is no reason to consider them differently from any other chemicals. Because of their external use, exposures are mostly dermal, and the risks are probably not high. However, due to deficiencies of legislation, information on their constituents is poor and variable. A special problem is that terminology is not compatible with that in other areas of chemical regulation. Therefore

important links to information (e.g. on toxicity) from other sectors are missing. Generally accepted names for chemicals should be used. Information on clinical side effects of cosmetic products should be collected to a single register in the same way as that of drugs, and used for evaluation of health risks. Many of these products are used daily throughout life (e.g. soaps, shampoos, toothpastes, skin moisturisers), and hence their safety requirements should be tight. It is strange that cosmetics are often seen as an example of products that should not be investigated in animal studies, even though they are used daily by everybody from babies to senior people. Problems encountered are mostly allergies, but as there may be scores of constituents in the products, also carcinogenic compounds are common although at low concentrations. A special risk group of chemicals are tattooing pigments, which are not under any regulation.

Just as with cosmetics, there is no premarket registration of consumer products. The manufacturer and the merchant are obliged by law to know their products, and are responsible for knowing the risks. Legislation as such is sufficient, but inspections are very sporadic or done after customer reclamations. Assuring that the entrepreneurs really know the risks and act accordingly is a problem. Chemicals and their adverse effects should be labelled in the same way regardless of the products where they are. The most problematic products are toys, detergents, textile colours, finishing and flame retarding chemicals. A specific problem product class is aerosols now used liberally for many different purposes (hair sprays, deodorants, cleaning chemicals, solvents of different kinds etc). They may emit respirable fine particles.

Waste composting of industrial scale in Finnish climate conditions is understood too poorly. Before increasing the use of this technology, its health risks should be thoroughly assessed. This requires basic research on bioaerosols formed, their composition, toxicity, dispersion, and exposure of the affected population at different distances.

Successful risk management and risk communication are crucial in maintaining public trust. Contradictory statements from different authorities have caused doubts and decreased credibility. Various sectors should increase their collaboration and better inform each other. Therefore intersectoral education should be organised to increase understanding on risk assessment, and to improve organising risk management and risk communication in the best possible way.

Public availability of safety studies would save much repetitive work and use of experimental animals. It would also expose the studies to peer review and public critique, which would be highly important for guaranteeing the quality and reliability of the studies. An international initiative should be launched to reach an agreement that studies (e.g. toxicology) on which human safety is based, must be published or otherwise made public (e.g. in a web repository). Rational development of research protocols should be critically evaluated especially as to REACH program of the European Union. The present contradictory

aims (such as simultaneous improved safety and decrease in the use of experimental animals) do not promise a smooth and rational development of the process.

Principles of rational risk assessment need a thorough evaluation. Especially in conflicting situations, when a specific measure causes both benefit and harm at the same time, the present risk assessment methodology does not serve well. It is not able to give optimal and balanced answers to the risk managers and the society. There are problems both in comparing different risks (e.g. cancer risk versus other health risks) and risk-benefit assessment (e.g. risks and benefits of eating fish with contaminants). Development of risk analysis to more balanced and comprehensive direction should be promoted.

### **Risks of special groups and individuals, and risks in exceptional circumstances**

In addition to public health risks, chemicals may also use high risks in specific circumstances or to specific groups of people. These must also be taken care of, and nobody should be exposed to high personal risks, even if exposure is not common enough to cause any appreciable public health problem.

Among inhalation toxicants carbon monoxide is an example of a substance causing high exposures in special conditions, even leading to acute poisoning and death. These conditions deal with any combustion in closed spaces, such as wood burning in poorly ventilated tightly built homes, gas stoves without local exhaust fan in homes or trailers, internal combustion engines indoors, such as ice arenas or carting halls. There are about one hundred lethal carbon monoxide poisoning cases every year. Often carbon monoxide poisoning is accompanied by high exposure to oxides of nitrogen.

Spare time activities and hobbies may expose specific groups of population to very high chemical exposures and risks, because often the facilities have not been planned considering the need of ventilation or local exhausts. These include painting, gluing, glasswork, pottery etc. Special education of both instructors and hobbyists is needed. Warning labels of products are important, but too general and liberally applied labels may reduce their credibility.

Monitoring results from small waterworks should be collected regularly on country-wide basis, because they are vulnerable to both microbiological and chemical problems. Health risks of ground water due to leaching of chemicals from contaminated land and their prevention should be assessed as a whole: significance of the problem, prevention of risks, early detection, logic of shared responsibilities in, and adequacy of quality monitoring and existing administrative measures. Natural soil-specific problems in some areas in Finland are arsenic, uranium and fluorides. Water quality in swimming

pools should be investigated and assessed whether or not chlorination side products cause risks to swimmers.

Chemical risks of food are most often restricted to specific risk groups in the society. Among these are recreational fishers consuming plenty of predatory fish such as pike with high concentration of methyl mercury, hunters consuming elk liver and kidneys rich in cadmium, and Baltic fishers whose dioxin and PCB exposures are higher than in the main population.

Preparing food may give rise to several toxic chemicals, the risk of which are not totally clear. An example is acrylamide that is formed when e.g. potato chips and French fries are boiled in oil and coffee is roasted. Likewise roasting, grilling or smoking meat results in many mutagenic compounds, which are potential carcinogens. The risks are not clear, but may be considerably higher than those of well-controlled chemicals such as pesticide residues or food additives. Also certain parts of population are risk groups because of their consumption habits.

Another kind of risk group is those people who experiment with new plants, herbs and spices. There are many natural toxins in plants, and therefore due care is necessary. Mushroom poisonings occur occasionally. A new feature is selling food in same facilities with many chemicals and by untrained personnel, such as in service stations and kiosks of variable hygienic level. These are very difficult to keep in control, and accidental exposure due to a mistake or poor hygiene is possible. Both personnel and facilities selling food should be completely separate from car chemicals and other similar chemicals.

Among consumer products a new risk chemical is methanol, which was banned for a long time, but is again available because of EU trade regulations e.g. in windshield washes. There are 20 – 40 cases of lethal poisoning per year in Finland, and smaller doses lead to blindness.

Ground water contamination is one of the most important causes for health risks of contaminated soils. If ground water reservoir close to contaminated soil area is used for drinking water, the water should be regularly monitored for the contaminating chemicals to prevent exposure.

Risk assessment of contaminated soils involves many uncertainties, because exposure depends on local conditions. There are no categorical health based limit values, nor would they help much. Risk assessment methodology should be developed to consider these uncertainties in a rational way. Additional research may be needed utilising existing cases from an innovative viewpoint.

Many exposures involve special features related to children. Air pollutants increase neonatal mortality. Indoor air is very important, because moisture damage buildings often involve facilities used by children, such as schools and day-care centres. Water-borne diarrhoeal infections are more serious in children. Too high fluoride in drinking

water causes tooth fluorosis. Risks of chlorinated water in swimming pools should be assessed. The developing organism is more sensitive to some contaminants of food. Even greater risks are caused by inappropriate food such as junk food with too much fat and sugar. During foetal life one of the biggest risks is maternal smoking, alcohol consumption and drug abuse, all of which can be viewed as environmental risks to the foetus. In specific population groups also environmental chemicals such as methyl mercury and dioxins may cause risks to foetus.

Consumer products and cosmetic products directed to children should be under special scrutiny. It is also important for children to take them into consideration in societal planning, e.g. in city planning, because traffic risks, safe routes from homes to school, traffic pollution, transportation of chemicals, location of schools and playgrounds, location of heat and power generating and industrial facilities can be planned in a holistic way only when considered from the beginning.

This background text includes a number of recommendations, five of which have been prioritised because of their general character or timely importance. All recommendations have been presented in chapter 10 divided to those involving mainly administrative measure, and those involving mainly research needs.

## **Five prioritised recommendations**

1. **Monitoring program of exposures** should be launched in Finland representative of the whole population and the most relevant health-related and source indicator chemicals encountered in urban or indoor air, food, and drinking water or via consumer products. The results of the monitoring program should be utilised for the assessment of health risks and following time trends in exposure levels to environmental chemicals. Information could be used widely in the society, for follow-up, planning, and reparative and preventive risk management measures.
2. **Principles of rational risk assessment** require new evaluation, because especially in contradictory situations where the available measures cause simultaneous harm and benefit, the present risk assessment practices do not give optimal answers to the society. Problems are highlighted in comparing different risks in a helpful manner (e.g. cancer vs. other forms of toxicity) and risk-benefit assessment (e.g. risks and benefits of fish containing dioxins). Risk analysis research dealing with these problems should be promoted. Successful risk management and risk communication are central for maintaining public trust. Different behaviour by different authorities will decrease public confidence and undermine trust. Therefore intersectoral training should be organised to improve common understanding on risk assessment, and to advance rational risk man-

agement and risk communication. In risk management it should be clarified, what is precautionary principle and how it should be used in a coherent way.

3. Improved scientific knowledge is needed on **the health effects of indoor air pollutants**. Especially exposure to microbial toxins in indoor air and related health effects should be studied. The long-term effects of toxins should be investigated in experimental studies. More information is also needed on interactions of simultaneous long-term exposure to many agents.
4. **Health effects of industrial-scale composting** of waste in Finnish conditions are known too poorly to increase these activities. Even basic research on bioaerosols, their constituents, toxicity, dispersion, and personal exposures of the population is needed.
5. **Health risks of chemicals in contaminated soils** should be assessed and preventive measures evaluated, including the scope of the problem, adequacy of present measures, various actors and their tasks, prevention of risks and early detection, land use and planning, monitoring of ground water, and further research needs as well as risk assessment methodology.

Keywords: chemicals, health effects, environment, KTL

# 1 TAUSTAKSI

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

Sanasta ”kemikaali” tulee todennäköisesti useimmille ensimmäisenä mieleen kemialliset aineet, joita käytetään teollisuudessa erilaisten muiden tuotteiden valmistukseen. EU:n kemikaalilainsäädännön puitteissa ns. teollisuuskemikaalista selvitetään vaarominaisuudet ja tehdään ainekohtainen riskinarvio, jossa arvioidaan terveysriskit työntekijöille, kuluttajille ja arvioidaan myös ympäristöperäisen altistumisen aiheuttamaa riskiä. Valmisteltavana oleva REACH-ohjelma on tarkoitettu tehostamaan ja laajentamaan tätä työtä. REACH:n tavoitteena on saada riskinarvio kaikista teollisessa käytössä olevista kemikaaleista. Tässä yhteydessä puuttuvat tiedot aineiden toksisuudesta on hankittava ja, jos riskiä todetaan, myös sen vähennystoimet esitettävä.

Ympäristöterveyden näkökulmasta teollisuuskemikaalit puhdasaineina on vain yksi, itse asiassa pieni altisteryhmä sellaisia kemiallisia aineita Suomessa, joiden terveysvaikutuksia on tarpeen arvioida. Kemikaalien teollinen käyttö on paikallista toimintaa ja tarve ympäristöterveysriskin arviointiin syntyy vain, jos toiminnasta syntyy päästöjä ympäristöön. Sen sijaan lopputuotteet ja valmisteet, joiden tekoon kemikaaleja on käytetty, ovat paljon yleisempiä altistumlähteitä kemiallisille aineille. Samoin ravinnon ja veden epäpuhtaudet sekä useimmat ilmansaasteet tai niiden komponentit, ovat kemiallisia aineita. Tämä pitää paikkansa myös luonnon omiin aineisiin. Näille kaikille altistutaan päivittäin ja altistuminen koskee koko väestöä. Nämä onkin syytä huomioida, kun arvioidaan kemiallisten aineiden ympäristöterveysriskejä.

Luotettava terveysriskin arvio edellyttää riittävän tarkkaa tietoa altistumisesta. Altistumistiedot on usein riskinarvioinnin heikoin lenkki. Yleistieto esiintyvistä pitoisuustasoista auttaa hahmottamaan ongelman kokonaislaajuutta, mutta tilannekohtaiseen riskinarvioon tarvitaan tarkat pitoisuustiedot. Suomessa on tehty suhteellisen paljon analytiikkaa erilaisista näytteistä, mikä on auttanut riskinarviointia. Esimerkiksi dioksiinien, juomavedestä saadun arseenin ja luonnon uraanin pitoisuudet suomalaisten veressä, virtsassa tai kudoksissa tiedetään. Juomavettä on tutkittu perusteellisesti, samoin ravinnossa olevista epäpuhtauksista on kohtalainen käsitys. Viime aikoina ilmansaasteista on saatu uutta tietoa, myös henkilökohtaisesta altistumisesta. Sen sijaan erilaisten tuotteiden sisältämille kemiallisille aineille tapahtuvasta todellisesta altistumisesta ei ole tie-



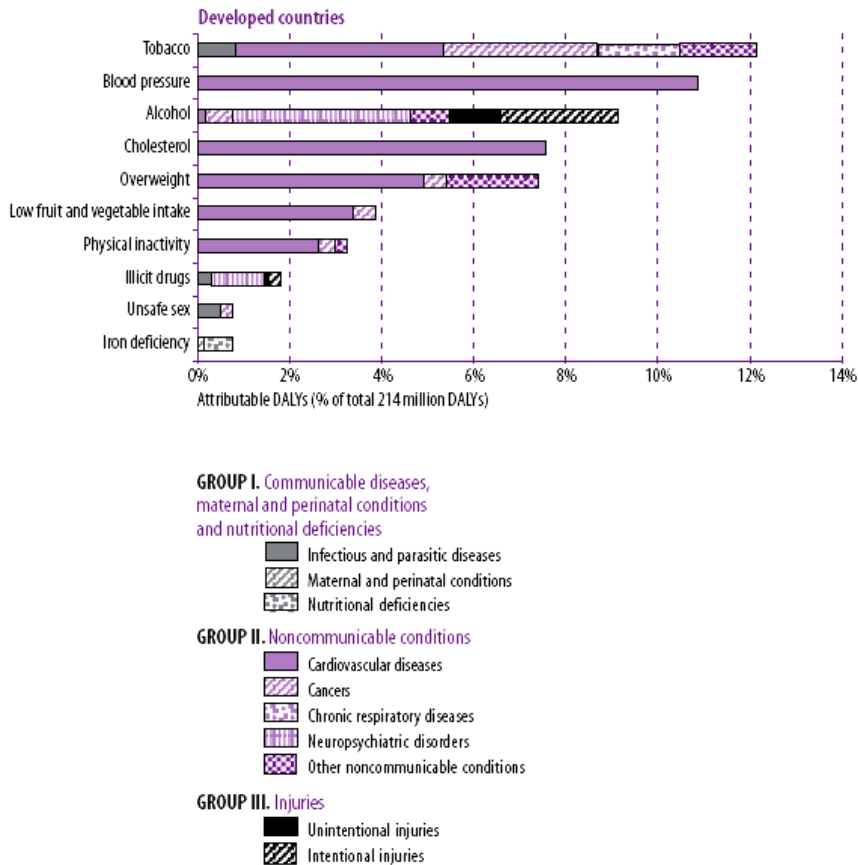
toa, ei meillä Suomessa eikä julkaistuna muualtakaan. Joskus altistuminen saattaa koskea suppeaa harrastajaryhmää, mutta se voi olla toistuessaan merkittävä. Jo kertaluontoinen selvitys näistä tyypillisistä altistumistilanteista auttaisi arvioimaan, voiko kyseessä olla todellinen ongelma. Myös näitä altistumistilanteita on pyritty tässä selvityksessä tunnistamaan.

Analytiikka on nykyään hyvin kehittynyttä ja lähes kaikkea löydetään pieniä määriä lähes kaikesta. Oleellista tällöin on erottaa, millä pitoisuuksilla ja saannilla on merkitystä terveyden kannalta. Tämä tahtoo unohtua, myös asiaa tuntevilta. Pelkkä aineen löytyminen kytketään usein virheellisesti suoraan terveyshaittaan. Jokaisella aineella on toksisuusprofiilinsa, mutta haitta syntyy vain riittävän suurella altistumisella. Ympäristöperäinen altistuminen Suomessa on useimmiten altistumista pienille pitoisuuksille ja niiden terveysriskin arviointi on haastavaa.

Kansanterveyden kannalta on tarpeen hahmottaa kokonaisuutena, kuinka paljon terveyshaittoja ympäristöperäinen kemikaalialtistus aiheuttaa. Tarkastelu myös auttaa asettamaan ympäristöperäiset altisteet suhteessa muihin sairauksien syihin. Suomalaisten ympäristöperäisestä altistumisesta kemiallisille aineille, ja myös niiden terveysvaikutuksista, on tehty aikaisemmin laajuudeltaan erilaisia arvioita (mm. Ympäristö ja Terveys-lehden teemanumerot 7/1981 ja 2-3/1982, Suomalaisten terveys 1996-raportti, Suomen kansallinen ympäristöterveysohjelma, 1997). Ympäristöperäiset altisteet ja ihmisten altistumisen aste ovat monelta osin muuttuneet 1980-luvun alusta ja muutoksia on tapahtunut myös viimeisten vuosien aikana. Uusin tutkimus on paljastanut myös ongelmia, joista on tultu tietoiseksi vasta äskettäin. Niitä on pyritty tuomaan esillä tässä selvityksessä.

Ympäristöperäisen kemikaalialtistuksen aiheuttamaa kokonaisterveyshaittaa on vaikea arvioida. WHO on arvioinut, että kehittyneissä maissa tupakka, korkea verenpaine, alkoholi, kolesteroli, ylipaino, vähäinen hedelmien ja vihannesten käyttö, liikunnan puute, huumeet ja lääkkeiden väärinkäyttö, suojaamaton seksi ja raudanpuute, ovat kymmenen tärkeintä väestön sairastavuutta selittävää riskitekijää, tässä järjestyksessä (Kuva 1.1, WHO 2002). Listan kärkipäässä olevat tekijät ovat keskeisimpiä myös Suomessa (Aromaa ym., 2005). Kokonaissairastavuuden kannalta ne ovat huomattavasti tärkeämpiä kuin ympäristöperäiset syyt. Ympäristöperäisiä kemiallisista riskitekijöistä ei ole voitu laittaa samalla tavalla järjestykseen. Ulkoilman saasteet on kuitenkin arvioitu kehittyneissä maissa tärkeimmäksi kuolemia aiheuttavaksi riskitekijäksi (1.1 % miesten ja 1.2 % naisten kuolemista, WHO 2002). Yhdyskuntailman epäpuhtaudet arvioitiin merkittäväksi elinympäristön haittatekijäksi myös Suomen kansallisessa ympäristöterveysohjelmassa v. 1997 (Taulukko 1.1). Niiden lisäksi sisäilman allergeenit ja mikrobit nousivat esille altisteina, joissa kemialliset aineet saattavat olla osallisena haitallisiin vaiku-

tuksiin. Syöpä kytetään usein kemikaaleihin, mutta ympäristöperäisen syövän aiheuttamaa kokonaiskuolleisuutta ei tiedetä tarkasti.



Kuva 1.1. Kymmenen keskeisimmän riskitekijän osuus sairauksista (burden of disease) kehittyneissä maissa synn mukaan jaoteltuna (World Health Report 2002). (DALY, Disability-Adjusted-Life-Year on niiden vuosien summa, jotka menetetään ennenaikaisen kuoleman ja alentuneen terveydentilan vuoksi. Kuva leikattu alkuperäisestä kuvasta).

**Taulukko 1.1. Arvio elinympäristön häiritsevien tekijöiden vaikutuksista kansanterveyteen Suomessa: altistuneiden määrä, altistumiseen liittyvä kuolleisuus ja sairastavuus sekä toimenpiteet haitan ehkäisemiseksi**

Ympäristö- tekijä	Altistuneita	Kuolleisuus/ vuosi	Sairastavuus/ vuosi	Tarvittavat toimenpiteet haitan ehkäisemiseksi
Sisäilman mikrobit	1 500 000 <sup>1)</sup>	*	50 000 (10 000-100 000) infektiot, hengitystie- tai yleisoireet	Kosteusvaurioiden ehkäisy ja rakennusten korjaus
Sisäilman allergeenit	5 000 000 <sup>8)</sup>	*	*allergia ja astma	Materiaalin valinta ja asuntojen siivous
Sisäilman radon	610 000 <sup>2a)</sup> 180 000 <sup>2b)</sup> 50 000 <sup>2c)</sup>	20-700 keuhkosityöpä	20-700 keuhkosityöpä	Kaavoitus, rakennusten suunnittelu ja korjaus
Pakkotupakointi	1 500 000 <sup>3)</sup>	n. 60 keuhkosityöpä; n. 700 sydän ja verisuonitaudit	20 000-30 000 hengitystieoireet, sydän- ja verisuonitaudit	Tupakoinnin vähentäminen sisätiloissa
Yhdyskunta- ilman epäpuh- taudet	1 900 000 <sup>4)</sup>	200-400 krooniset sydän ja keuhkosairaudet, syövät	30 000 astmaoireiden pahentumista, 30 000-40 000 lasten hengitystieinfektiota	Liikenteen, energiatuotannon ja teollisuuden päästöjen vähentäminen
Elintarvikkeiden mikrobit	5 000 000 <sup>8)</sup>	*	500 000 ripuli	Oma- ja ulkovalvonta, tehokas elintarvikevalvonta
Talousveden mikrobit	300 000 <sup>5)</sup>	*	30 000 ripuli	Riskialttiiden kohteiden korjaus ja huolto
Tapaturmat	5 000 000 <sup>8)</sup>	2 500	790 000	Ympäristön turvallisuustason parantaminen
Ympäristömelu	1 000 000 <sup>6)</sup>	-	500 000, melu häiritsee ja haittaa unta	Erityisesti liikenteen melupäästöjen rajoittaminen altistumisen vähentäminen
Ilmastomuutos	5 000 000 <sup>8)</sup>	*	elämisen ehdot ja infektio- ja tautien kirjon muuttuu	Kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen
UV-säteily	5 000 000 <sup>8)</sup>	100 ihosityöpä	ihosityöpä lisääntyy 30 % kaihi lisääntyy	Otsonikerrosta tuhoavien kemikaalien poistaminen käytöstä, auringonoton välttäminen

- \* Tapausten määrää on nykytiedon perusteella mahdotonta arvioida luotettavasti
- 1) Kosteusvaurio- ja kosteustekijöissä asuvat, opiskelevat, työskentelevät tai päivähoitossa olevat henkilöt
- 2a) Henkilöitä, joiden asunnon sisäilman radonpitoisuus ylittää 200Bq/m<sup>3</sup>
- 2b) Henkilöitä, joiden asunnon sisäilman radonpitoisuus ylittää 400Bq/m<sup>3</sup>
- 2c) Henkilöitä, joiden asunnon sisäilman radonpitoisuus ylittää 800Bq/m<sup>3</sup>
- 3) Henkilöitä, jotka altistuvat asunnon sisäilman tupakansavulle
- 4) Yli 50 000 asukkaan kaupunkien väestö Suomessa
- 5) Henkilöitä, joiden juomavesi saastunut ulosteperäisillä mikrobeilla
- 6) Henkilöitä, jotka altistuvat tieliikenteen aiheuttamalle yli 55 dBA:n melutasolle
- 8) Koko Suomen väestö

(Lähde: Suomen kansallinen ympäristöterveysohjelma, 1997)

WHO:n (2002) arvion mukaan työperäinen karsinogeenialtistuminen (josta iso osa on kemiallisia aineita) aiheuttaa kehittyneissä maissa 0.8 % miesten ja 0.2 % naisten kuolemista (suurin osa keuhkosyöpää). Työterveyslaitoksen arvion mukaan työperäisten altisteiden osuus syövästä Suomessa on hieman tätä suurempi (2-3 %, TTL:n selvitys kansallista kemikaaliohjelmaa varten).

Ympäristöperäisesti altistuvia ihmisiä on huomattavasti suurempi joukko, mutta altistumistasot kemiallisille aineille ovat matalammat ja pääasiallinen altistumisreitti useimmille aineille on suun kautta. Ympäristöperäisten kemikaalien mahdollisista endokriinisistä vaikutuksista ihmisiin ei ole vielä lopullista selvyyttä.

Vaikka ympäristöperäisen kemikaalialtistumisen vaikutus kokonaiskuolleisuuden/sairastavuuden vaikuttaa pieneltä, yksittäiset altisteet ovat merkittävä terveysriski, aiheuttavat oireita ja heikentävät elämänlaatua, kuten jäljempänä olevasta selvityksestä käy ilmi.

Kemikaaleihin liittyvää terveysriskiongelmia on tarkasteltu tässä selvityksessä laajasti. Selvitystyön kuluessa ympäristöperäinen altistuminen kemiallisille aineille ja siitä aiheutuva terveyshaaita on arvioitu kattavasti, mutta selvityksessä on nostettu esille erityisesti lisätoimenpiteitä vaativat asiat. Aineet ja altisteet, joiden suhteen ei tarvita lisätoimenpiteitä, on tuotu esille lyhyesti. Jos haitoista on yhteiskunnassa paljon epätietoisuutta, on riskien vähäisyydelle kuitenkin saatettu esittää laajemminkin perustelut.

Terveydelle haitalliset kemialliset altisteet on käsitelty pääasiallisten altistusreittien mukaisesti: altistuminen vedessä, hengitysilmassa ja ravinnossa. Altistuminen vedestä sisältää juomaveden, muun talousveden ja uimaveden. Hengitysilmassa on tarkasteltu ulkoa peräisin olevia altisteita ja sisätiloista peräisin olevia altisteita sekä altistumista liikenteessä. Tarkasteluun on otettu myös kulutustuotteet ja kosmetiikka. Lopuksi on tarkasteltu, miten kemikaaleja koskevat riskin arviointi, hallinta ja viestintä toimivat kansallisella tasolla. Selvitykseen on sisällytetty lainsäädäntöä siltä osin kuin on katsottu tarpeelliseksi. Myös viranomaistoimintaa, työnjakoa sekä hallinnollisten toimien riittävyyttä on arviotu eri yhteyksissä ja annettu tarvittaessa suosituksia. Useimpien suositusten mahdollinen toteuttaminen edellyttää kuitenkin yksityiskohtaista lisäsuunnittelua ja sitä ei ole sisällytetty tähän toimeksiantoon.

Kukin kappale on itsenäinen kokonaisuus. Tekstissä on käytetty kirjallisuusviitteitä ainoastaan, kun on koettu tarpeelliseksi osoittaa tarkka tietolähde. Kappaleen loppuun on vielä erilleen koottu tekstissä annetut suositukset. Niiden yksityiskohtaiset perustelut käyvät ilmi asiayhteydestä tekstistä.

Selvityksen ydinosaa ovat suositukset kansallista kemikaaliohjelmaa varten. Raportin loppuun Suositukset -kappaleeseen (kappale 10) on koottu selvityksen tärkeimmät suositukset. Suositukset on ryhmitelty hallintoa koskeviksi ja tutkimusta koskeviksi suosituksiksi. Viisi koko selvityksen tärkeimmäksi katsottua suositusta on nostettu erikseen esille.

#### Kirjallisuutta

Suomen kansallinen ympäristöterveysohjelma. Komiteamietintö 1997:8.

Suomalaisten terveys 1996. Toim. Aromaa A, Koskinen S, Huttunen J. Kansanterveyslaitos ja Sosiaali- ja terveysministeriö 1996.

Suomalaisten terveys 2005. Toim. Aromaa A, Huttunen J, Koskinen S, Teperi J, Duodecim, KTL, Stakes 2005.

The World Health Report 2002 – Reducing Risks, Promoting Healthy Life.  
<http://www.who.int/whr/2002/en/index.html>

Ympäristö ja Terveys-lehti 1981;7.

Ympäristö ja Terveys-lehti 1982;2-3.

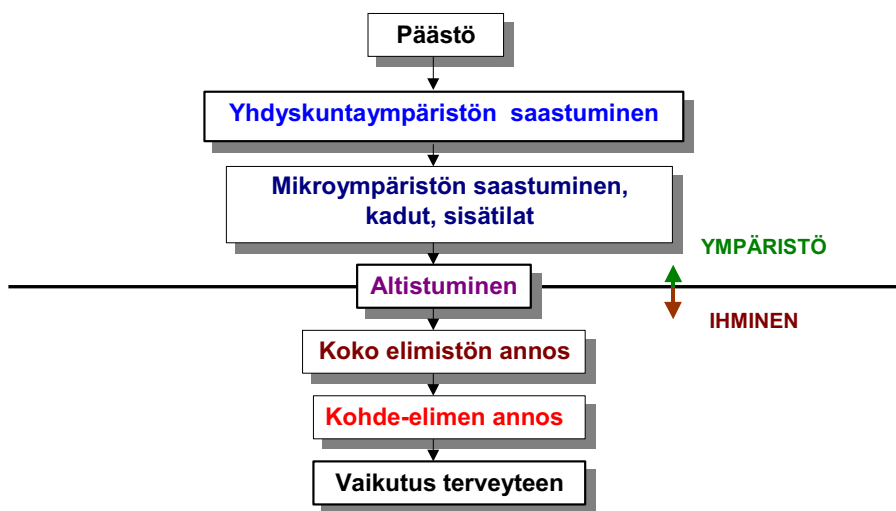
## 2 HENGITYSILMA

**Matti Jantunen, Aino Nevalainen**

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

### 2.1. Johdanto

Hengitystiealtistumisen olennaisin erityispiirre on, että ihmisen on hengitettävä jatkuvasti sitä ilmaa mitä hänen välittömässä ympäristössään on - oli tämä ilma puhdasta tai saastunutta, raikasta tai tunkkaista. Ruoan ja veden laadun voi arvioida ja sen mukaan valikoida yksilöllisesti syödessään ja juodessaan. Ilman laatuun ei hengitettäessä juuri voi vaikuttaa.



Kuva 2.1. Vaikutusketju päästöstä altistumisen kautta ihmisen terveyteen. Altistuminen muodostaa kontaktipinnan ihmisen ulkopuolisten ja ihmisen elimistön sisäisten tapahtumien välille.

### 2.2. Altistuminen

Hengitystiealtistumisen ymmärtämiseksi on syytä tarkastella ensin kolmea käsitettä; ajankäyttöä, annosfraktiota ja hengitettäviä ainemääriä.

### 2.2.1. Ajankäyttö

Aktiivinen työssä tai koulussa käyvä suomalainen viettää vuorokaudestaan tyypillisesti sisätiloissa keskimäärin 21 tuntia, liikenteessä yli tunnin ja ulkoilmassa sekä "muualla" n. 2 tuntia. Työelämän ulkopuolella olevan väestön, pääasiassa vanhusten, sisätiloissa, erityisesti kotona vietetty aika on n. 2 tuntia pitempi, liikenteessä ja muualla vietetyn ajan määrä vastaavasti pienempi (ks. Taulukko 2.1).

<b>Taulukko 2.1 Suomalaisten keskimääräinen ajankäyttö ikäryhmittäin</b>				
<b>Ajankäyttöpaikka</b>		<b>10 – 18</b>	<b>19 - 64</b>	<b>64 -</b>
		<b>v.</b>	<b>v.</b>	<b>v.</b>
koti & vapaa-ajan asunto	tuntia/vrk	15,3	15,7	21,6
työpaikka ja/tai koulu <sup>*)</sup>	tuntia/vrk	3,2	3,4	0,2
muut sisätilat	tuntia/vrk	2,2	1,5	0,9
SISÄTILAT YHTEENSÄ	tuntia/vrk	20,7	20,6	22,7
liikkuminen & matkustaminen, myös jalan ja pyörällä	tuntia/vrk	1,0	1,3	0,6
muu ajankäyttö, sisältää muun ulkoilun	tuntia/vrk	2,3	2,1	0,7
<sup>*)</sup> laskettu 365 päivän, ei työpäivien perusteella				

Pienten lasten, jotka eivät kykene itse täyttämään ajankäyttöpäiväkirjaa, ajankäytöstä ei vastaavia edustavia tutkimustietoja ole Suomesta käytettävissä, mutta sellaista tarvittaisiin mm. altistus- ja riskimalleja varten.

Hengitystiealtistumisen kannalta ajankäytön jakauma - nimenomaan sisätilojen hallitseva osuus - tarkoittaa, että suurin osa kokonaisaltistumisesta saadaan sisätiloissa, erityisesti kotona ja vain pieni osa ulkoilmassa tai liikenteessä. Silti huomattava osuus altistumisesta on peräisin ulkoilmasta, ulkoa sisätiloihin tunkeutuvista saasteista (ks. Taulukko 2.3). Näiden haitallisuus yleensä myös tunnetaan parhaiten - mikä johtuu osaltaan helpommasta tutkimusasetelmasta. Suurenkin kaupungin ulkoilman laadusta voi saada kohtalaisen hyvän käsityksen 3 - 5 oikein sijoitetun mittausaseman tulosten perusteella. Sisäilman vaikutusten vastaavaksi selvittämiseksi mittauspisteitä tarvittaisiin tuhansia. Parhaiten tunnetaan sellaisten sisäilman saasteiden kuten tupakansavun vaikutukset, koska tutkittavat henkilöt voidaan jakaa riittävän luotettavasti altistuneisiin ja ei-altistuneisiin kyselytiedon, jopa taannehtivan kyselytiedon perusteella.

## 2.2.2. Annosfraktio

Annosfraktio (Intake Fraction, iF) on uusi käsite, joka on luotu kuvaamaan jonkin päästön riskiä väestötasolla. Annosfraktio tarkoittaa sitä osuutta koko päästöstä, joka yhteensä päätyy koko väestön hengityselimiin, ja sitä kautta mahdollisesti muualle elimistöön. Taulukko 2.2. osoittaa iF-arvon riippuvan hyvin voimakkaasti saastelähteen sijainnista kohteeseen nähden, samoin yhdisteen reaktiivisuudesta, erityisesti muiden kuin sisälähteiden osalta. Sisälähteiden päästöjen viipymäaika sisäilmassa on muutaman tunnin suuruusluokkaa, joten vain kaikkein reaktiivisimmat yhdisteet ehtivät muuttua merkittävästi tässä ajassa.

Taulukko 2.2. <i>iF</i> -arvojakaumia lähdeluokittain	
	<i>iF</i> - jakauma
sisälähteet	$10^{-4} \dots 10^{-2}$
lähiympäristön ulkolähteet	$10^{-5} \dots 10^{-4}$
pysyvien yhdisteiden kaukolähteet	$10^{-6} \dots 10^{-5}$
reaktiivisten yhdisteiden kaukolähteet	$10^{-8} \dots 10^{-7}$

Taulukko 2.2 osoittaa, nyt aivan toisesta näkökulmasta kuin Taulukko 2.1, sisälähteiden merkityksen. Sama kokonaispäästö sisätiloihin aiheuttaa 10 - 100 kertaa suuremman väestöaltistuksen kuin lähiympäristöön ulkoilmaan päästettynä ja yli 1000 kertaa suuremman kuin esim. korkeasta savupiipusta kaupungin ulkopuolella päästettynä. Suurin vaikutus on suoraan asuntoilmaan tulevilla päästöillä, johtuen sekä pitkästä altistusajasta. (Taulukko 2.1), että asuntojen keskimäärin vaatimattomasta ilmanvaihdesta.

Kuva 2.2 (sivu52) esittää pääkaupunkiseudun ilman pitoisuudet, häkä (CO), typpidioksidi (NO<sub>2</sub>), PM2.5 hiukkaset ja hiukkasfaasin 14 alkuaineen ja noen (BS), sekä 41 orgaanisen yhdisteen vuorokausikeskiarvo- ja 90-persentiilipitoisuudet Helsingin ulkoilmassa ja pääkaupunkiseudun työikäisen väestön hengitysilmassa (EXPOLIS aineisto 1996-1998).



### 2.2.3. Altistumisen lähteet

Eri kaupunkien ja maaseudun väestöjen ilmansaastumisaltistuksen erojen suurin selittäjä on yhdyskuntien ulkoilman laatu. Suurimmat altistukset sen sijaan koetaan useimmiten sisätiloissa, esim. liikennevälineissä, työssä, harrastusten parissa, kotona, mutta ennen kaikkea altistuttaessa tupakansavulle. Passiivinen tupakointi (aktiivinen tupakointi riskeineen ei kuulu tämän selvityksen aihepiiriin) lisää altistumisen lukuisille ilmansaasteille keskimäärin 3 - 5-kertaiseksi tupakoimattomaan tilaan verrattuna.

Usein altistuminen ilman saasteille jaetaan altistumiseen ulkoilmasta peräisin oleville saasteille (jota kuvaavat ulkoilman epäpuhtauksien mittaussarjat, mutta joille altistutaan ajankäytön - Taulukko 2.1 - vuoksi pääasiassa sisätiloissa, kodeissa ja työpaikoilla) ja altistumiseen sisätiloista peräisin oleville ilman saasteille (jota joko mitataan tai usein mallitetaan ulkoilman pitoisuuksien, rakennusten ja niiden ilmanvaihtojärjestelmien suodatusominaisuuksien sekä sisälähteiden kartoitusten perusteella). Tällainen tarkastelu sivuuttaa kaksi merkittävää altistustilannetta; erilaiset harrastukset, joita ei tässä niiden heterogeenisuuden vuoksi enempää tarkastella, sekä altistumisen liikenteessä, joka koskee lähes jokaista lähes joka päivä.

Tämä selvitys painottuu ilmansaasteiden osalta sellaisiin, joilla on valtakunnallista yleismerkitystä. Se, että jokin laitos aiheuttaa ympäristössään kemikaalialtistumista, joka poikkeaa taustasta, ei välttämättä lisää alueen väestön terveysriskejä. Tämän vuoksi käsittelemättä jätetään koko joukko sellaisia erikoistuneiden teollisuuslaitosten kemikaalipäästöjä, joilla on hengitysteiden kautta altistumismerkitystä yhdellä tai muutamalla paikkakunnalla päästölähteen lähiympäristössä. Altistus voi hyvin jäädä niin määränsä kuin laatunsa puolesta täysin harmittomaksi. Näiden paikallisten ilmansaastekysymysten terveysongelmat tulee arvioida aina tapauskohtaisesti.

Muutamia esimerkkejä: Porvoon ja Naantalin öljynjalostamot ovat siinä määrin merkittäviä hiilivetyjen lähteitä, että edellisen vaikutus näkyy itätuulella selvästi pääkaupunkiseudun ulkoilmassa. Kupari- ja sinkkisulatot sekä rikkihappotehtaat Harjavallassa ja Kokkolassa, rauta- ja terästehdas Raahessa sekä jaloterästehdas Torniossa aiheuttavat kaikki ympäristösään metalliaerosolialtistumista, joka määrällisesti sekä laadullisesti poikkeaa muista kaupunkeista. Kaivannaisteollisuus ja rakennusmateriaalien tuotanto aiheuttaa usein merkittäviä paikallisia pölypäästöjä, samoin väliaikaisesti purkutyöt ja rakentaminen.

Tarkemmin käsittelemättä jäävät myös mm. sellutehtaiden, jätevedenpuhdistamoiden ja eräiden kemikaali-, nahka- ja elintarviketehtaiden sekä painotalojen hajupäästöt, joiden merkitys on ennen kaikkea aistinvarainen. Yleisintä merkitystä lienee haisevien rik-

kiyhdisteiden<sup>▲</sup> pitoisuuksilla sellutehtaiden ympäristöissä useilla Suomen paikkakunnilla. Kun sulfiittisellutehtaat aikoinaan muutettiin sulfaattiprosesseiksi, rikkiyhdisteiden kokonaispäästöt ja niiden haitalliset vaikutukset luonnossa vähenivät murto-osaan, mutta päästöt muuttuivat samalla laadullisesti aikaisempia haisevammiksi. Haisevien rikkiyhdisteiden suurimmat vuorokausipitoisuudet ylittävät v. 2000 ohjearvoksi asetetun  $10 \mu\text{gS}/\text{m}^3$  ainakin Joutsenossa, Imatralla, Valkeakoskella, Kaskisissa ja Varkaudessa. Eri vuosina näitä ylityksiä on tapahtunut myös muilla sellutehdaspaikkakunnilla. Päästöjen rajoittamisen helpot keinot on käytetty, eikä niissä voimakkaan ajallisen vaihtelun ohessa ole havaittu v. 1996 jälkeen yleistä alenevaa trendiä. Haisevat rikkiyhdisteet ovat onneksi siinä määrin reaktiivisia, ettei niiden haju juuri tunkeudu sisätiloihin.

#### 2.2.4. Altistuminen ulkoilmasta peräisin oleville saasteille

Alueellisen ilmansaastumisen tärkeimmät lähteet ovat energiantuotannon, teollisuuden, liikenteen, maatalouden ja jätteidenkäsittelyn päästöjen ilmakemiallinen muutonta toisaalta ammoniumsulfaatti- ja ammoniumnitraattihiukkasiksi ja toisaalta typpidioksidiksi ja otsoniksi. Lisänä on erityisesti talvikaudella epätäydellisissä polttoprosesseissa muodostuneita nokihiukkasia sekä joissakin tilanteissa korkeitakin maapöly- ja suolahuikkaspitoisuuksia. Yhdyskuntien ilma sisältää näiden lisäksi merkittäviä määriä lyhytikäisempiä ja reaktiivisempia höyry- ja hiukkasfaasissa olevia orgaanisia yhdisteitä, ultrapieniä ja muita paikallisen liikenteen, lämmityksen ja joidenkin teollisuuslaitosten tuottamia primäärisiä hiukkasia, tie- ja rengaspölyä ja tiesuola-aerosolia, typpimonoksidia ja häkää. Ulkoilman saasteille altistutaan tietenkin ulkoilmassa. Useimmat meistä viettävät kuitenkin ulkoilmassa vain muuttaman prosentin ajastaan, joten jos altistuminen rajoittuisi näihin tilanteisiin, se jäisi vähäiseksi ja olisi helposti rajoitettavissa. Rakennuksesta, ilmanvaihdosta, vuodenajasta ja spesifisestä ilmansaastekomponentista riippuen ulkoilman saasteet tunkeutuvat vaihtelevan tehokkaasti (10 - 100%) myös sisätiloihin, joten altistuminen niille ilmansaasteille, joita ulkoilmasta mitataan, tapahtuu pääasiassa modifioituneessa muodossa sisätiloissa. Usein puhuttaessa ”ulkoilma-altistumisesta” tarkoitetaankin juuri **altistumista ulkoa peräisin oleville ilmansaasteille** - ei altistumista yksinomaan ulkona oltaessa. Amerikassa pyrkimys tarkempaan kielenkäyttöön on tuottanut käyttökelpoisen ilmaisun ”air pollution of ambient origin” vastakohtanaan ”air pollution of indoor origin”, joiden suoria käännöksiä myös tässä raportissa täsmällisyyden vuoksi käytetään.

---

<sup>▲</sup> Rikkivety, metaanitioli, dimetyylisulfidi ja rikkihiili. Näissä yhdisteissä rikki esiintyy pelkistyneessä muodossa, ja niille on ominaista voimakas ja epämiellyttävä ”pilaantunut haju”.

Moni kehitystrendi on viime vuosikymmenien aikana vähentänyt altistumista yhdyskuntien ulkoilmasta peräisin oleville saasteille. Tällaisia ovat talokohtaisen puu- ja hiililämmityksen korvautuminen ensin polttoöljyllä, sittemmin kaukolämmöllä ja sähköllä, roskien- ja jätteiden polttamisen olennainen väheneminen, savuavan ja pölyävän teollisuuden keskittyminen ja siirtyminen pois yhdyskuntien keskus- ja asuinalueilta sekä niiden päästöjen rajoitukset ja valvonta. Liikenteen päästöjä taas ovat vähentäneet kaksitahtisten moottoriajoneuvojen väheneminen minimiin, liikennepolttoaineiden kehittyminen rikittömiksi, lyijyn poistaminen bensiinistä sekä jatkuvasti tiukkenevien päästöstandardien vaatima moottoriajoneuvojen tekninen kehitys. Kansainväliset sopimukset ovat vähentäneet meitä ympäröivien alueiden hiilivety- ja typenoksidipäästöjä merkittävästi, ja rikkidioksidipäästöt murto-osaan 1970-luvun tasolta, millä seikoilla on ollut huomattava vaikutus alueelliseen ilman saastumistilanteeseen. Mielenkiintoista on myös havaita, että nykyaikainen rakennus- ja ilmanvaihdotekniikka vähentää merkittävästi väestön altistumista ulkoilman saasteille, erityisesti pienhiukkasille ja otsonille, mutta ilmeisesti myös typpidioksidille. Siinä missä paikalliset (ja kansallisetkin) ilmansuojelutoimet vaikuttavat vain paikallisista lähteistä aiheutuvaan osaan altistumisesta (esim. n. 1/3 pääkaupunkiseudun pienhiukkasaltistuksesta), rakennuksen parantunut eristysvaikutus kohdistuu koko ulkoilman saastemäärään niiden lähteistä riippumatta - mutta vain siihen osaan väestöstä joka asuu tai työskentelee näissä uusissa rakennuksissa.

Pääosin myönteisen kehityksen vaikutuksia ovat kuitenkin heikentäneet liikenteen määrän moninkertaistuminen, talokohtaisen puulämmityksen uusi lisääntyminen, otsonipitoisuuksien pysyttelemisen korkealla tasolla ja - mahdollisesti - ultrapienien hiukkasten lisääntyminen. Ultrapienien hiukkasten mittaussarjat ovat toistaiseksi niin lyhyet, että trendistä ei ole vielä kuvaa, mutta lyhytaikaisten otsonipitoisuuksien huipputasot ovat pysyneet lähes 20 vuotta ennallaan, ja pitkäaikaikeskiarvot ovat samalla edelleen koonneet. Toisaalta myös ilman saasteille erityisen herkkien väestöryhmien, kroonisia sydän- ja verisuonitauteja potevien, diabeetikkojen ja astmaatikkojen, osuus väestössä kasvaa.

#### 2.2.5. Altistuminen sisätiloista peräisin oleville saasteille

Sisätiloista peräisin olevien saasteiden tärkeimmät - ja keskenään hyvin huonosti vertailukelpoiset - lähteet ovat vapaassa järjestyksessä (i) ihminen itse, metaboliatuotteet, hilse, (ii) kaikki polttaminen, erityisesti tupakan poltto, (iii) monet harrastukset ja aktiviteetit, joissa ollaan tekemisissä savuavien, pölyävien tai haihtuvien aineiden kanssa, (iv) rakenne- ja pintamateriaalien rappeutuminen, erityisesti kosteuden aiheuttama, (v) mikrobikasvusto kosteilla pinnoilla, rakenteissa, huonekasvien ruukuissa ja ruoka-aineissa,

(vi) eräät vasta-asennetut tai –käsittellyt pinnat, kalusteet ja materiaalit, joista haihtuu liuottimia ja muoviraaka-aineiden monomeereja, sekä (vii) maaperästä ja joistakin kivimateriaaleista peräisin oleva radioaktiivinen jalokaasu, radon. Näiden lähteiden lisäksi altistumiseen vaikuttaa keskeisesti tilojen ilmanvaihto - ja tähän taas ulko- ja huoneilman lämpötila, ilmanvaihtotekniikka ja asukkaiden aktiiviset toimet.

Sisäilman saasteille altistuminen vaihtelee paljon enemmän kuin ulkoilman saasteille altistuminen, ja myös sen aikatrendit ovat paljon hajanaisemmat. Sisälähteet riippuvat rakennuksen tyypistä, iästä, varustelusta ja kunnossapidosta, siitä miten ihmiset rakennuksessa elävät ja työskentelevät, mitä rakennukselle ja rakennuksessa tehdään. Sillä seikalla, sijaitseeko rakennus suuressa vai pienessä kaupungissa, keskustassa, lähiössä tai maaseudulla, puhtaasta tai saastuneesta ilman ympäröimänä, ei ole periaatteessa merkitystä sisätiloista peräisin olevalle sisäilman saastepitoisuuksille tai niille altistumiselle.

Epäilemättä dramaattisin myönteinen muutos on ollut tupakoinnin väheneminen erityisesti sisätiloissa. Työpaikoilla ja julkisissa tiloissa tupakointi on nykyisin kielletty ja käyttäytymiskulttuurin merkittävä muutos on vähentänyt tupakointia myös kodeissa. Sisäilmayhdistyksen (FiSIAQ) kehittämä ja viimeksi EU:n ja WHO:n ympäristöterveyskokouksen (Egmond aan Zee, joulukuussa 2004) esimerkiksi nostama suomalainen Sisäilman laatuluokitus on kääntänyt materiaaleista ja rakentamisvirheistä aiheutuvat sisäilman saasteet toivottavasti pysyvään laskuun. Radon on passiivisen tupakansavuaaltistumisen ja kaupunki-ilman saasteiden ohella merkittävin ympäristöperäinen syöpärisäki, ja väestön radonaltistus lisääntyy edelleen vuosi vuodelta vanhan rakennuskannan korvautuessa uudella ja pientaloasumisen lisääntyessä. Kosteuden kulkeutuminen (esim. maaperästä), vuotaminen (katoilta ja putkistoista) ja tiivistyminen (ilmasta) rakennusten rakenteisiin ja pinnoille johtuu aina rakennuksen rakentamis/korjaus- tai käyttövirheistä. Rakennusten rajun tiivistämisen, ilmanvaihdon vähentämisen sekä uusien rakentamismenetelmien ja mallien nopean käyttöönoton - energiakriisin, rakennusalan mullistusten ja muoti-ilmiöiden - seurauksena rakennusten kosteus- ja homeongelmat saavuttivat huippunsa 1980-luvulla. Uudet ohjeet 1990-luvulla ovat osittain kompensoineet näitä haitallisia muutoksia, mutta muutos parempaan on tuskallisen hidasta.

## 2.2.6. Altistuminen ilman saasteille liikenteessä

Taulukosta 2.1 nähdään, että liikenteessä vietetään ikäryhmästä riippuen keskimäärin yli tunti vuorokaudessa. Kaupunkien aikuinen aktiiviväestö viettää työpäivien aikana Suomessa (kuten jokseenkin kaikissa kehittyneissä maissa) n. 2 tuntia vuorokaudessa liiken-

teessä, enimmäkseen katu- ja tieliikenteessä. Ilmansaastealtistumisen taso liikenteessä vaihtelee liikennevälineestä, -väylästä, vuorokaudenajasta ja säätilasta riippuen paljon, mutta esim. pienhiukkasaltistumisen taso pääkaupunkiseudun katuliikenteessä on keskimäärin kaksinkertainen kodin ulkoilmapitoisuuteen verrattuna, ja koko tämä altistumislisä on peräisin liikenteestä, pakokaasuista, tien pinnalta, renkaista ja jarruista. Kyseessä on siis kompleksi hiukkasaltistumislisä, joka suurin piirtein kaksinkertaistaa kokonaisaltistumisen liikenteestä peräisin oleville pienhiukkasille. Verrattuna yhdyskunnan ulkoilman kautta leviävään, pääasiassa sisätiloissa vaikuttavaan altistumiseen liikennesaasteille, liikenteessä saatu altistuminen vaihtelee sekä ajallisesti (episoditilanteet, aamuruuhka-ajat), paikallisesti (monikaistaiset tuloväylät), että yksilöiden välillä (esim. taksien ja bussien kuljettajat) nollasta huomattavan suureen, ja siihen voi itse kukin omalta osaltaan periaatteessa vaikuttaa. Käytännössä asuin- ja työpaikan, liikkumistavan ja -ajan vapaa valinta on useimmille kuitenkin yleistisyyttä.

**Keskeiset liikennealtisteet** ovat häkä, pienhiukkaset (ja näiden PAH yhdisteet), typpidioksidi sekä polttoaine- ja palamisperäiset haihtuvat hiilivedyt. Näitä käsitellään erikseen tuonnempana. Riskien arvioinnin ja tulevien riskien hallinnan kannalta on olennaista tietää, mitkä altistukset ovat lisääntymässä, mitkä vähenemässä, ja mitkä ovat ehkä enää murto-osia aiempien vuosien tasoista. Häkä- ja hiilivety- ja PAH-päästöt liikenteessä ja pitoisuudet kaupunki-ilmassa ovat enää murto-osia vuosikymmenien takaisesta tasosta. Pakokaasuhiukkasten ja typpidioksidin päästöt ovat kääntyneet laskuun, ja dieselajoneuvojen hiukkaspäästöloukkujen toivottava yleistyminen tulevaisuudessa alentaisi dieselpakokaasuhiukkasten määrän noin vuosikymmenen kuluessa murtoosaan nykyisestä. Liikenteen katu- ja rengaspölyn sekä jarruhiukkaspölyn päästöt, pitoisuudet ja niille altistuminen sen sijaan lisääntyvät suurin piirtein liikenteen kasvun tahdissa, ellei erityisiin toimenpiteisiin niiden rajoittamiseksi ryhdytä.

Altistuminen metrossa on yllättävä uusi erityiskysymys. Pienhiukkaspitoisuus metroasemilla ja tunneleissa liikkuvissa junissa on suurempi kuin katuliikenteessä, ja sitä hallitsee rautayhdiste magnetiitti ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Altistumisen väestöön kohdistuva terveysriski on toistaiseksi tuntematon, mutta se saattaa osoittautua kaupunkiliikennepolitiikan kannalta olennaiseksi tekijäksi.

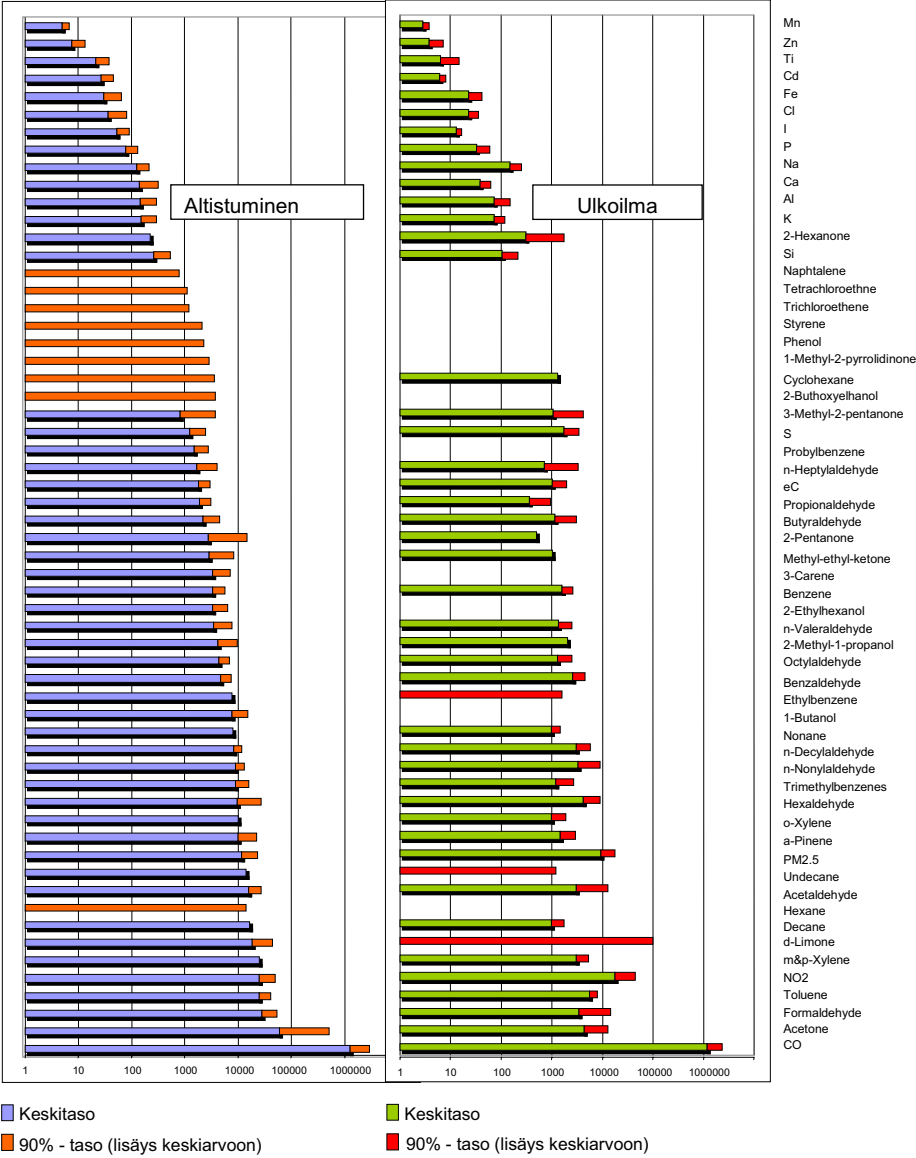
### **2.3. Ilmansaasteiden pitoisuudet (pääkaupunkiseudun) ulkoilmassa ja altistuminen**

Pääkaupunkiseudulla - ja samanaikaisesti kuudessa muussa Eurooppalaisessa kaupungissa - toteutettu EXPOLIS -tutkimus mahdollistaa kymmenien kaasu-, höyry- ja hiukkasfaasin yhdisteiden sekä alkuaineiden ulko- ja sisäilmapitoisuuksien sekä altistumista-

son vertailun tavalla, joka ei aiemmin ole ollut mahdollista. Tämän vertailun tuloksia esitetään Kuvassa 2.2 ja niistä laskettuja hengitettyjä vuorokausi-annoksia Taulukossa 2.3. Vastaavia tuloksia ei muista suomalaisista kaupungeista ole käytettävissä, mutta koska ulkoilman saasteita mitataan jatkuvasti kaikissa suurimmissa ja teollistuneimmissa kaupungeissa sekä useilla taustamittausasemilla, näitä mittaustuloksia suhteutetaan pääkaupunkiseudun tuloksiin käsiteltäessä tuonnempana tärkeimpiä ulkoilman saasteyhdisteitä ja niiden pitoisuuksia.

Kuvassa 2.2 on esitetty pääkaupunkiseudun ilman pitoisuudet; PM<sub>2.5</sub> hiukkaset ja hiukkasfaasin 6 metallia ja 9 muuta alkuainetta, 2 epäorgaanista yhdistettä (CO ja NO<sub>2</sub>), sekä 41 VOC- ja karbonyyliyhdistettä (ml. bentseeni ja formaldehydi). Pitoisuuden yksikkö kuvassa on ng/m<sup>3</sup>. Vasemmalla altistuspitoisuudet, keskiarvo ja 90. persentiili. Oikealla vastaavat pitoisuudet ulkoilmassa. Keskiarvopitoisuuden puuttuminen ilmaisee, että huomattava osa mitatuista pitoisuuksista alittaa havaitsemisrajan (joka yleensä on korkeampi kuin 10 ng/m<sup>3</sup>). 90 % tason puuttuminen, oikeammin näkymättömyys, puolestaan kertoo, että keskiarvopitoisuus on korkeampi kuin 90 % taso, ts. keskiarvon määrää muutama korkein pitoisuus. Molemmat seikat viittaavat hyvin vinoihin jakaumiin. Ulkoilman osalta puuttuvat pitoisuudet tarkoittavat joko puuttuvaa tietoa tai havaitsemisrajan alittavia pitoisuuksia. Ulkoilmapitoisuutta korkeampi altistumistaso kertoo sisäilman tai esim. välittömästi liikenteessä tapahtuvan altistumisen korkeasta suhteellisesta osuudesta.

Kuva 2.2 Pääkaupunkiseudun ilman pitoisuudet, häkä (CO), typidioksidi (NO<sub>2</sub>), PM2.5 hiukkaset ja hiukkasfaasin 14 alkuaineen ja noen (EC) sekä 41 orgaanisen yhdisteen vuorokausikeskiarvo- ja 90-persentiilipitoisuudet (yksikkö ng/m<sup>3</sup>).



Ihminen hengittää vuorokaudessa keskimäärin 10-15 m<sup>3</sup>, eli n. 15 kg ilmaa. Taulukkoon 2.3 on laskettu Kuvan 2.2 esittämistä altistuspitoisuuksista hengitysilmaasta saatavat tyypilliset ja korkeat (n. 95% taso) vuorokausiannokset. Taulukon 2.3 värikoodit erittelevät myös ne yhdisteet, joille altistumisesta keskimäärin yli puolet (sininen) tai alle viidesosa (keltainen) on peräisin ulkoilmasta. Suuret annokset ovat lähes kaikki sisäilmasta peräisin, eikä niitä ole taulukossa eritelty.

Taulukko 2.3 Pääkaupunkiseudun asukkaan yhdessä vuorokaudessa hengittämä annos (ug/24h).					
Altiste	Keski-annos	Maksimi-annos	Altiste	Keski-annos	Maksimi-annos
CO	17160	58000	Butyraldehyde	28,9	90,2
Acetone	808	10190	Propionaldehyde	25,3	62,2
Formaldehyde	378	1079	eC	23,9	60,4
Toluene	334	842	n-Heptylaldehyde	22,2	81,6
NO2	330	1000	Propylbenzene	19,8	56,0
m&p-Xylene	330	362	S	16,6	49,0
d-Limonene	247	888	3-Methyl-2-pentanone	10,6	74,2
Decane	218	290	2-Buthoxyethanol		74,0
Hexane		290	Cyclohexane		72,0
Acetaldehyde	207	553	1-Methyl-2-pyrrolidinone		58,0
Undecane	189	250	Phenol		46,0
PM2.5	156	470	Styrene		42,0
a-Pinene	135	458	Trichloroethene		24,0
o-Xylene	133	130	Tetrachloroethene		22,0
Hexaldehyde	130	546	Naphtalene		16,0
Trimethylbenzenes	119	314	Si	3,38	10,8
n-Nonylaldehyde	117	267	2-Hexanone	2,95	4,5
n-Decylaldehyde	111	237	K	2,01	5,8
Nonane	106	110	Al	1,93	5,7
1-Butanol	102	308	Ca	1,89	6,3
Ethylbenzene	102	130	Na	1,64	4,3
Bentzaldehyde	62,0	148	P	1,01	2,6
Octylaldehyde	58,1	140	I	0,681	1,8
2-Methyl-1-propanol	55,4	194	Cl	0,482	1,6
n-Valeraldehyde	45,7	154	Fe	0,389	1,3
2-Ethylhexanol	44,9	130	Cd	0,350	0,895
Benzene	44,9	114	Ti	0,279	0,755
3-Carene	43,6	146	Zn	0,101	0,267
Methyl-ethyl-ketone	37,8	167	Mn	0,066	0,136
2-Pentanone	36,0	292			

Tupakalle altistumaton pääkaupunkiseudun aikuinen asukas, arkipäivän altistuminen/kansalainen  
**Sinisellä merkitystä hengitystiealtistumisesta on keskimäärin yli 1/2 peräisin ulkoilmasta**  
**Keltaisella merkitystä hengitystiealtistumisesta on keskimäärin alle 1/5 peräisin ulkoilmasta**  
 Alkuaineet ovat PM2.5:n ainesosia  
 eC tarkoittaa alkuainehiiltä - nokea (myös EC tai BS)



Tyypilliset yksittäisten ilmansaasteiden pitoisuudet, häkää lukuun ottamatta, asettuvat suuruusluokkavälille 0,1 - 100 µg/m<sup>3</sup>, ts. niiden hengitysilmaasta saatava vuorokausiannos vaihtelee n. 1 µg - 1 mg. Niiden hengitetyt vuorokausiannokset ovat, joitakin työperäisiä altistuksia lukuun ottamatta, yleensä pieniä. Mitatuista altistuksista maksimiannos (95%) ylittää keskiarvoannoksen keskimäärin kolminkertaisesti. Välille 2,5 – 3,5 tämä suhde asettuu 2/3:lle mitatuista altisteista, ja yli nelinkertaisesti maksimiannos ylittää keskiarvoannoksen asetonin, heksaldehydin, metyylietyyliketonin, 2-pentanonin ja 3-metyyli-2-pentanonin osalta.

Sikäli kuin kyseessä ovat systeemisesti vaikuttavat kemikaalit (elimistöön imeytyvät ja muualla kuin ensimmäisellä kontaktipinnalla vaikuttavat aineet), hengitysilma on vain harvoin ratkaisevassa asemassa niiden annoksen tai riskin kannalta. Ravinto ja juomavesi ovat yleensä merkittävämpiä altistumisteitä. Hengitysilma-peräisten terveysriskien kannalta on kaksi erityisryhmää:

- Ensimmäiseen kuuluvat altisteet, joille altistutaan **ainoastaan hengitysteiden kautta**, tärkeimpinä Taulukossa 2.3 häkä ja typpidioksidi, sekä taulukon ulkopuolelta otsoni.
- Toiseen kuuluvat altisteet, joiden **haitta kohdistuu suoraan hengityselimiin** (radon, PAH, bioaerosolit), hajun, ärsytyksen tai vakavampien riskien, kuten keuhkosityövän muodossa, tai altisteet, joiden haittavaikutus kohde-elimeen kohdistuu spesifisesti nimenomaan hengityselimien kautta, kuten hengitetyt pienhiukkaset sydämeen. Tupakansavu, joka sisältää merkittävästi lähes kaikkia Taulukon 2.3 yhdisteistä, on näistä altisteista selkein ja merkittävin. Tupakan ohella tärkeimmät altisteet lienevät suurelta osalta ulkoilmasta peräisin olevia pienhiukkasia, PM2.5.

Seuraavassa käsitellään yksi kerrallaan nämä nimenomaan ulkoilmasta peräisin olevat ja hengitysilman kautta vaikuttavat haitalliset altisteet. Lisäksi käsitellään pääasiassa ulkoilmasta peräisin olevaa bentseeni-altistusta. Bentseeni on karsinogeeni, jolle altistutaan merkittävästi hengitysilman kautta. Haitallisissa altisteissa on keskitytty kemikaalin ympäristöperäisiin altistuksiin ja niiden mahdollisiin terveysvaikutuksiin, eikä niinkään fysikaalisiin, kemiallisiin tai toksisiin ominaisuuksiin.

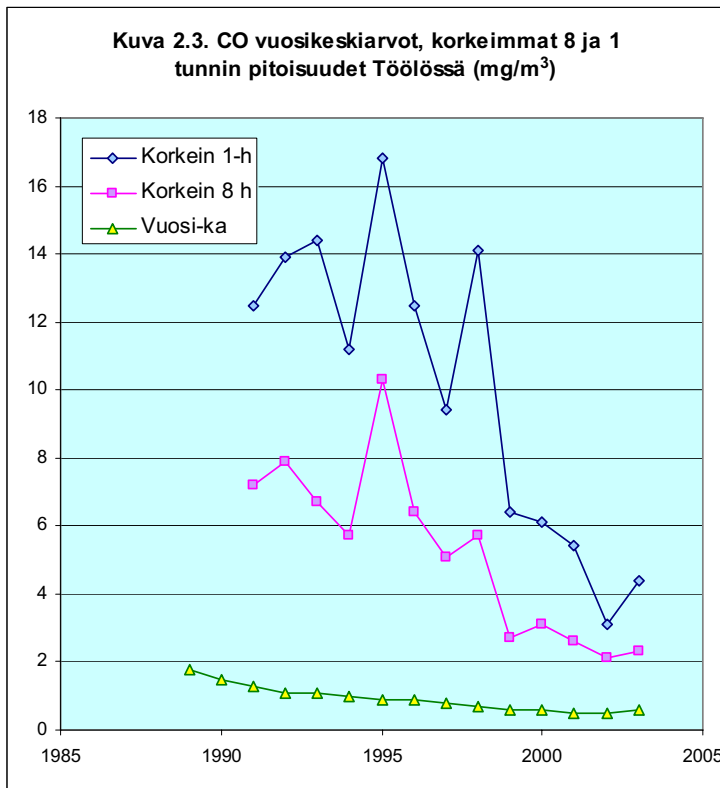
### Toimenpidesuositus

*Suomessa olisi käynnistettävä (kaupunki)väestöä edustava sisäilma- ja altistumis seurantaohjelma, jonka tavoitteena on seurata ilmansaastealtistumisen laadullista ja mää-*

rällistä muuttumista ajassa, analysoida muutoksen syitä ja arvioida sen tulevaa kehitystä ja kansanterveydellisiä seurauksia.

## 2.4. Häkä (CO)

**Ulkolähteet:** Häkäaltistumisen merkittävimmät ulkolähteet ovat liikenne ja pienimittakaavainen lämmitys kiinteillä polttoaineilla. Liikenteen merkitys vähenee jatkuvasti hapettavilla pakokaasukatalysaattoreilla varustettujen autojen syrjäyttäessä vanhempia malleja ja dieselmoottoareiden yleistyessä. Lämmitys ulkoilman häkälähteenä ei ole vähennemässä. Ulkoilman häkäpitoisuudet ovat Helsingin keskustassa alentuneet 10-15 vuoden aikana niin vuosikeskiarvojen kuin 1 ja 8 tunnin huippupitoisuuksienkin osalta noin kolmasosaan. Alenemiskehitys on viime vuosina hidastunut, mutta jatkuu edelleen (Kuva 2.3) ja kehitys on samankaltainen myös muissa Suomen kaupungeissa. Espoon Leppävaarassa, Vantaan Tikkurilassa, Lahden, Turun, Tampereen ja Vaasan liikennekeskustoissa häkäpitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat samaa suuruusluokkaa Helsingin Töölön kanssa (0,4 - 0,6 mg/m<sup>3</sup>). Korkeimmat 8-tunnin keskiarvopitoisuudet sen sijaan ovat Hämeenlinnan, Oulun, Tampereen ja Vaasan keskusta-asemilla selvästi Töölön mittausaseman pitoisuuksia korkeammalla tasolla (4,5 - 5,5 mg/m<sup>3</sup>). Kuvassa 2.3 on esitetty CO -vuosikeskiarvot, korkeimmat 8 ja 1 tunnin pitoisuudet Töölössä (mg/m<sup>3</sup>).



**Sisälähteet:** Häkäkaasun sisälähteitä ovat epätäydelliset palamisprosessit, käytännössä kaikki palaminen, josta savua ei johdeta hormin kautta suoraan ulkoilmaan (kaasuliedet, -uunit, -keittimet, -lamput ja -lämmittimet, nk. öljylamput ja kamiinat, tupakointi, kynttilät, jne.) mutta myös hormiin kytketyt uunit, takat tai kiukaat, jos hormi joko ei vedä kaikkia palokaasuja ulos tai veto on estetty, esim. sulkemalla savupellit ennen palamisen täydellistä sammumista. Niihin lukeutuvat myös jäähallien polttomoottorikäyttöiset jäänhoitokoneet sekä muiden vastaavien sisätilojen, esim. kartinghallien, polttomoottorit. Niin ulkona kuin sisälläkin muodostuva häkä voi aiheuttaa haitallista altistumista, mutta käytännössä ainoastaan suurehkot sisälähteet, kuten kaasulaitteet, uunit, polttomoottorit jne. aiheuttavat akuutisti vaarallisia, ulkoilmapitoisuuksiin verrattuna jopa 100...1000-kertaisia altistumisia.

**Altistumistasot:** Ilman erityisiä sisälähteitä pitkäaikaiset häkäaltistumistasot vastaavat Suomessa jotensakin hyvin ulkoilmapitoisuuksia. Katuliikenteessä altistuminen on yleensä selvästi suurempaa, mutta koska altistumisaika liikenteessä on lyhyt, ei tällä ole merkittävää vaikutusta tuntia pitempiin keskiarvoaltistuksiin. Seitsemän eurooppalaisen kaupungin poikkileikkausvertailussa vuosina 1996-1997 (EXPOLIS, ks. Taulukko 2.4, Hänninen ym. 2004), pääkaupunkiseudun 1- ja 8-tunnin maksimialtistumistasot kuuluivat pienimpiin. Niitä on vähentänyt, ja vähentänee edelleen niin ulkoilmapitoisuuksien aleneminen, polttoon perustumattomien lämmitysjärjestelmien (kauko- ja sähkölämpö) yleistyminen kuin sisätiloissa tupakoinnin väheneminen.

Taulukko 2.4. Ilmansaasteet, joille on säädetty EU-raja-arvot tai määritetty WHO:n ohjearvopitoisuudet sekä vastaavat altistuspitoisuudet seitsemässä EXPOLIS tutkimuksessa mukana olleissa kaupungeissa (Hänninen ym. 2004)

Aine	Yks	WHO ohjearvo Keskiarvoaika	EU:n Keskiarvoaika		EXPOLIS altistuspitoisuus																	
			1-h	8-h	viikko	vuosi	Atena		Basel		Grenoble		Helsinki		Milano		Oxford		Praha			
							keskim	(max)	keskim	(max)	keskim	(max)	keskim	(max)	keskim	(max)	keskim	(max)	keskim	(max)	keskim	(max)
VOC																						
Bentseeni	µg/m <sup>3</sup>					5	18	(217)	5	(49)		3	(69)									
1,2-Dichloroetaani (C2H4Cl2)	mg/m <sup>3</sup>	0.7																				
Dichlorometani (CH2Cl2)	mg/m <sup>3</sup>	3	0.45																			
Formaldehydi (HCHO)	mg/m <sup>3</sup>	0.1										0.02	(0.04)									
Styreeni	mg/m <sup>3</sup>			0.36				0.005	(0.07)	0.001	(0.01)		0.001	(0.02)			0.002	(0.02)	0.003	(0.01)		
Tetrakloorietyleni	mg/m <sup>3</sup>		0.25																			
Tolueni	mg/m <sup>3</sup>		0.26					0.13	(1.33)	0.03	(0.19)		0.03	(0.49)			0.03	(0.32)	0.08	(0.45)		
Epiorgaaniset kaasut																						
Häkä (CO) (1 h)	mg/m <sup>3</sup>	30						15	(118)	5	(39)		4	(84)	9	(24)	5	(21)	8	(24)		
Häkä (8 h)	mg/m <sup>3</sup>	10						6	(40)	2	(18)		2	(18)	4	(10)	2	(8)	4	(12)		
Rikkihiili (CH2)	µg/m <sup>3</sup>	100																				
Rikkivety (HS)	µg/m <sup>3</sup>	150																				
Typpioksidit (NO2)	µg/m <sup>3</sup>	200																				
Osoni (O3)	µg/m <sup>3</sup>	120		40	200 <sup>e</sup>					33	(184)		25	(60)			29	(125)	44	(107)		
Rikkidioksidi (SO2)	µg/m <sup>3</sup>	125		50	350 <sup>e</sup>																	
Hiukkaset ja niiden alkuainekoostumus																						
Hengitettävät hiukkaset																						
(PM10)	µg/m <sup>3</sup>			50	40 <sup>e</sup>	37	(119)	30	(289)	32	(111)	15	(177)			18	(77)	35	(145)			
Arseni (As)	ng/m <sup>3</sup>				5 <sup>f</sup>	20	(53)	5	(11)	11	(37)	4	(13)			5	(18)					
Kadmium (Cd)	ng/m <sup>3</sup>		5		6 <sup>f</sup>																	
Lyijy (Pb)	µg/m <sup>3</sup>		0.5		0.5	0.09	(02)	0.02	(0.05)	0.05	(0.14)	0.01	(0.04)			0.03	(0.17)					
Mangaani (Mn)	µg/m <sup>3</sup>		0.15			0.19	(5.43)	0.003	(0.01)	0.02	(0.11)	0.01	(0.11)			0.003	(0.02)					
Elohopea (Hg)	µg/m <sup>3</sup>		1			0.06	(0.99)	0.04	(0.28)	0.003	(0.06)	0.04	(0.6)			0.002	(0.01)					
Nikkeli (Ni)	µg/m <sup>3</sup>				20 <sup>f</sup>	5.2	(6.4)	5.2	(6.1)	2.7	(8.4)	4.9	(7.2)			16	(57)					
Vanadiini (V)	µg/m <sup>3</sup>	1				0.005	(0.027)	0.001	(0.002)	0.005	(0.016)	0.002	(0.015)			0.002	(0.005)					

a) 18 vuositaitaista ylitystä sallittu

b) EU raja arvo on säädetty PM10 pitoisuudelle, EXPOLIS tulokset ovat PM2.5 pitoisuuksia. PM2.5 on tyypillisesti keskim. 50% (20-90%) PM10:sta.

c) & d) 24 ja 3 vuositaitaista ylitystä sallittu

e) Raja-arvo alenee 20 mg/m3 tasolle 2005 jälkeen.

f) Ehdotettuja raja-arvoja.

Altistuspitoisuudet ovat 48 h keskiarvoja ellei toisin ole mainittu.

**Terveysvaikutukset altistumispitoisuuksilla:** Muutamien epidemiologisten aikasarjatutkimukset ovat löytäneet kaupunkitasolla tilastollisen yhteyden akuutin sydänkuolleisuuden ja ulkoilman häkäpitoisuuden lyhytaikaisvaihtelun välillä. Syy-yhteys on sinänsä looginen, vaikuttaahan häkä voimakkaasti veren hapenkuljetuskykyyn, mutta silti havaittu alhaisen altistumistason, 1 - 3 mg/m<sup>3</sup>, vaikutus on yllättävä. Näiden tutkimustulosten kertymistä on syytä tarkoin seurata, sillä ne saattavat vahvistuessaan johtaa merkittävästi nykyistä pienempiin ulkoilman häkäpitoisuuden enimmäisarvoihin.

**Sisäilmassa krooninen häkäaltistumistaso** voi olla ulkoilmaan verrattuna moninkertainen, esim. viallisten tai väärin käytettyjen lämmityslaitteiden vuoksi, ja se saattaa huomaamatta kohota - häkä on näkymätön ja hajuton kaasu - akuutisti hengenvaaralliselle tasolle. Usein unohdetaan, että häkä on vielä tämänkin päivän Euroopassa ja myös Suomessa se kemikaali, joka alkoholin ohella aiheuttaa eniten akuutteja myrkytyskuolemia. Monille, mutta ei kaikille, häkäaltistuminen aiheuttaa ennen tajuttomuutta myös varottavia oireita kuten päänsärkyä tai pahoinvointia. Häkäaltistumisen myrkytysvaikutuksiin ei voi millään tavoin sopeutua, vaikutukset kohdistuvat jokaiseen altistuvaan eikä niiltä voi suojautua kaasunaamareilla tai millään sisäilman suodatuslaitteilla. Häkämyrkytys on helppo osoittaa veren karboksihemoglobiininanalyysin avulla. Näitä analyysejä tehdään kuitenkin hyvin harvoin. Englantilainen 1990-luvulla suoritettu kliininen häkäkuolemien ja myrkytysoireiden selvitys viittaa mahdollisuuteen, että häkämyrkytyksistä, jopa kuolemista suurin osa jää tästä syystä diagnostisoimatta ja että tämän vuoksi myös jopa toistuvien häkämyrkytysten syitä jää korjaamatta. Suomessa on 1990-luvulla tapahtunut äkillisiä hään aiheuttamia joukkomyrkytyksiä jäähalleissa ja ainakin yhdessä kartinghallissa.

**Riskinhallintavaihtoehdot:** Lähtökohdaksi voidaan ottaa, että häkä lienee kaikista vaaralliseksi tunnetuista ympäristön altisteista **aliarvostetuin**, niin Suomessa kuin muualsakin Euroopassa. Tämän aliarvostuksen vuoksi menetetään lukuisia ihmishenkiä joka vuosi. EU:n ilmanlaatudirektiivin ulkoilman häkäpitoisuuden raja-arvo 10 mg/m<sup>3</sup> (8 tunnin liukuva keskiarvo) ja WHO:n ulko- ja sisäilmaa koskevat ohjeet 60 mg/m<sup>3</sup> (korkein 30 min keskiarvo), 30 mg/m<sup>3</sup> (korkein 1 tunnin keskiarvo) ja 10 mg/m<sup>3</sup> (8 tunnin liukuva keskiarvo) eivät ota huomioon aiemmin mainittujen epidemiologisten aikasarjatutkimusten tuloksia, vaan ne perustuvat lyhytaikaisiin kokeellisiin tutkimuksiin mm. angina pectoris potilailla. Sikäli kun nämä epidemiologiset tutkimustulokset vahvistuvat, häkäraja-arvoja joudutaan tarkistamaan merkittävästi alaspäin. Tämä ei aiheuttaisi Suomessa sanottavia vaikeuksia, koska ulkoilman 8 tunnin liukuvat häkäpitoisuu-

det ovat Suomessa jo nyt korkeimmillaankin asettuneet  $5 \text{ mg/m}^3$  ja yhden tunnin pitoisuudet  $2.5 \text{ mg/m}^3$  alapuolelle ja ne alenevat edelleen.

Pitoisuusohjearvoilla on kuitenkin merkitystä vain monitoroitujen ja hallittujen ulkoilma-  
pitoisuuksien kannalta, kun taas häkäkuolemat johtuvat tuntemattomista ja onnettomuus-  
luontoisista sisäilmapitoisuuksista. Näitä voidaan rajoittaa ainoastaan toisaalta hitaasti  
tulevaisuuteen vaikuttavien rakentamis- ja laitemääräysten kautta, toisaalta hyvinkin no-  
peasti vaikuttavien häkävaroitTIMIEN avulla. Osa kaikista ostetuista, asennetuista ja käyt-  
töön otetuista polttoon perustuvista lämmityslaitteista ja liesistä rappeutuu jossain käyt-  
tökänsä vaiheessa niin huonoon kuntoon, tai tulee siinä määrin virheellisesti käytetyksi,  
että ne voivat muodostaa akuutin häkämyrkytysvaaran samassa tilassa oleileville ihmisille.  
Pakollinen nuohous- ja palotarkastukset koskevat ainoastaan hormiin kytkettyjä uuneja  
ja liesiä. Niinpä häkäriskien vähentämiseksi olisi (i) poistettava myynnistä kaikki palo-  
kaasunsa sisätiloihin päästävät lämmityslaitteet, (ii) vaadittava että kaikki kaasuliedet on  
varustettava savukaasut ulos johtavalla liesikuvulla ja/tai liesituulettimella, (iii) jaettava  
valistusta uunien, liesien ja kiukaiden käyttäjille häkävaaran torjumiseksi, (iv) järjestettä-  
vä kampanja hormittomien polttolaitteiden vaarojen tunnistamiseksi ja laitteiden poista-  
miseksi käytöstä, sekä (v) säädettävä häkävaroitTIMET nykyisten palovaroitTIMIEN lailla  
pakollisiksi kaikkiin talouksiin, joissa on käytössä tulisija.

Jäähallien polttomootorikäyttöisten jäänhoitokoneiden pakokaasut kohottavat hallien sisäilman häkäpitoisuudet tuntuvasti kaupunki-ilmaa korkeammalle tasolle. Sisäilmapitoisuuksia on kuitenkin pystytty tehokkaasti vähentämään siirtymällä kolmitoimikatalyysaattorien käyttöön propaanilla toimivissa jäänhoitokoneissa sekä tehostamalla hallien ilmanvaihtoa.

## Toimenpidesuosituks

*Asunnot, joiden asuintiloissa on lämmitykseen, ruoanvalmistukseen tai saunomiseen käytettyjä tulisijoja, tulisi varustaa palovaroitin lisäksi häikäyvaroitinella.*

*Kaikkien polttoon perustuvien lämmityslaitteiden, joita ei ole varustettu ulos johtavalla savuhormilla (tai liesikuvulla/liesituulettimella), myynti ja asentaminen asuntoihin tulisi kieltää, ja nykyisin käytössä olevat vastaavat laitteet tulisi joko varustaa asianmukaisesti tai poistaa käytöstä.*

*Kaupunki-ilman häikäpitoisuuksiin kytkeytyjen epidemiologisten aikasarja-analyysien tuloksia on syytä seurata tarkoin, koska ne saattavat vaatia lisäselvitystä syy-*

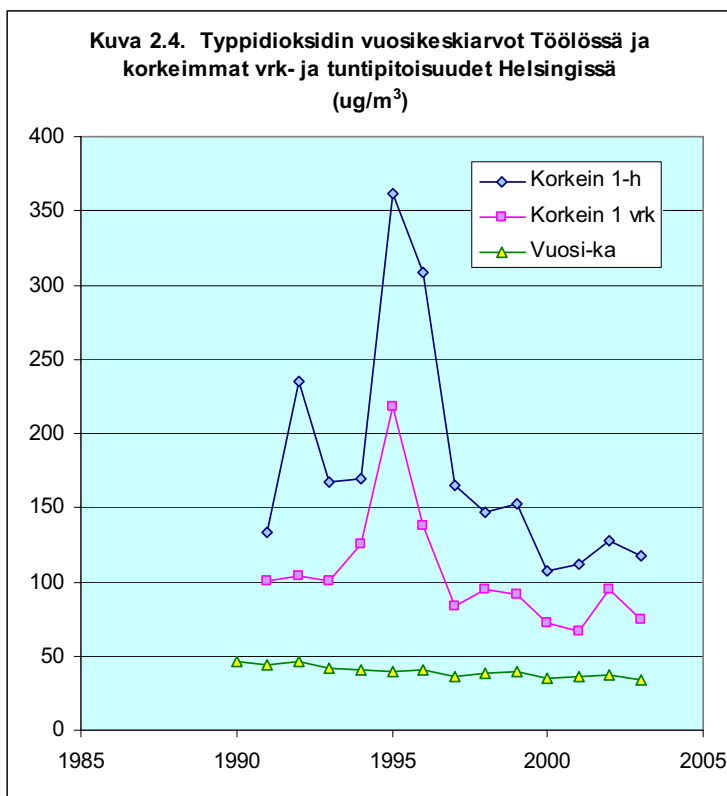
*seuraussuhteesta tai hään kanssa voimakkaasti korreloivien pienhiukkasfraktioiden ja haihtuvien hiilivetyjen osuudesta terveyshaitoissa.*

*Jäähallien polttomoottorikäyttöiset jäänhoitokoneet pitäisi korvata sähkökoneilla vuoteen 2010 mennessä. Nykyisin käytössä olevissa propaanilla toimivissa jäänhoitokoneissa pitää olla tehokas kolmitoimikatalysaattori, jonka kuntoa seurataan vuotuisissa pakokaasutesteissä. Kaikissa polttomoottorikäyttöisiä jäänhoitokoneita käyttävissä jäähalleissa pitää olla jatkuva ilmanvaihto ja häkävaroitin.*

## **2.5. Typpidioksidi (NO<sub>2</sub>)**

**Ulkolähteet:** Ulkoilman typpidioksidista vain pieni osa on peräisin primaarilähteistä, valtaosa muodostuu ilmakemiallisesti typpimonoksidin reagoidessa otsonin kanssa. Reaktio on nopea, ja kun otsoni sen seurauksena esim. raskaasti liikennöidyssä katukuilussa loppuu, myös typpimonoksidin hapettuminen typpidioksidiksi pysähtyy. Typpimonoksidin merkittävimmät ulkolähteet ovat samat polttoprosessit kuin häkäkaasunkin. Olennainen ero kuitenkin on, että kun häkää syntyy eniten polton ollessa epätäydellistä esim. polttoilman liian vähäisen määrän, huonon sekoittumisen tai matalan polttolämpötilan vuoksi, typpimonoksidin muodostuminen on kiivaimmillaan tehokkaassa yliilmaisessa poltossa ja korkeassa lämpötilassa. Näiden molempien päästöjen yhtäaikaisten hallinta edellyttääkin tarkkaa tasapainoilua kahden vastakkaissuuntaisen ilmiön välillä. Sekä keskitetyssä energiantuotannossa että liikennevälineiden moottoreissa tämä prosessi hallitaan nykyisin jo siinä määrin hyvin, että päästöt ovat vähentyneet murtoosaan parin vuosikymmenen takaisista tasoista. Samanaikaisesti kuitenkin sekä energian tuotanto että ennen kaikkea liikenne ovat lisääntyneet. Kaupunki-ilman typpidioksidin päästöistä suurin osa on peräisin keskitetystä energian tuotannosta, mutta altistumista hallitsee katuliikenne, joka on ihmisiä paljon lähempänä kuin voimalaitosten satametriset piiput. Pääkaupunkiseudun ulkopuolelta tulevan kaukokulkeuman osuus kaupunki-ilman typpidioksidipitoisuudesta on 1/3 - 1/4 luokkaa.

Kuva 2.4 näyttää Helsingin keskustan ilman typpidioksidipitoisuuksien - niin lyhytkaisten huippujen kuin vuosikeskiarvojenkin - loivan alenemisen 15 viime vuoden aikana. Kyseessä on siis ongelma, jonka huipputasot ovat Helsingin keskustassa takanapäin, ja alenevat hitaasti. Toisaalta laajentuva urbanisaatio ja lisääntyvä tieliikenne laajentavat edelleen niitä alueita, joilla pitoisuudet ovat huomattavasti taustatasoa korkeammat, ja vastaavasti lisäävät väestön altistumista.



Muiden Suomen kaupunkien liikennekeskus-, teollisuus- ja tausta-aseilla vähenemiskehitystä ei juuri ole havaittavissa, vaan typpidioksidipitoisuudet ovat pysyneet vuodesta toiseen jonkin verran vaihdellen jokseenkin samalla tasolla jo viimeisten kymmenen vuoden ajan. Vuosikeskiarvot ovat lähellä Helsingin Töölön tasoa ainakin Turun, Lahden, Oulun ja Seinäjoen keskustoissa, Vantaan Tikkurilassa ja Espoon Leppävaarassa (25 - 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Sisälähteet:** Typpidioksidin merkittävin sisälähde on kaasuliesi, mutta myös muu polttaminen, mm. tupakka, tuottaa sisäilmaan jonkin verran typpidioksidia. Sisätiloissa käytettävät polttomoottorit, esim. jäänhoitokoneet tai kartingautot saattavat myös aiheuttaa hyvin korkeita sisäilmapitoisuuksia.

**Altistumistasot:** Typpidioksidi on siinä määrin reaktiivinen kaasu, että sen pitoisuus sisäilmassa on ilman sisälähdettä (kaasuliesi, polttomoottori) keskimäärin noin 1/4 ul-



koilmapitoisuutta pienempi. Toisaalta altistumispitoisuus katuliikenteessä on kaupungin taustailman tasoa korkeampi. Väestön keskimääräisen altistumistason suhde ulkoilmapitoisuuteen Helsingissä on n. 0,8 (0,3 - 2,0). Verrattaessa helsinkiläisten typpidioksidialtistuksia Baselin, Oxfordin ja Prahan asukkaiden altistuksiin, keskitaso ja erityisesti huippualtistukset olivat Helsingissä alhaisimmat (ks. Taulukko 2.4).

**Terveysvaikutukset altistumispitoisuuksilla:** Typpidioksidia on ilmansaasteena pidetty sekä itsenäisenä riskinä että liikenteen tuottamien ilman saasteiden indikaattorina. Itsenäisenä riskinä sen merkitystä ei edes pääkaupunkiseudulla voi nykytietämyksen valossa pitää kovin suurena, erityisesti kun kaasuliesien lukumäärä on pieni ja vähenevä. Liikennealtistumisen merkkiaineena se on myös ongelmallinen, koska se ei kuvaa kvantitatiivisesti altistumista itse liikenteessä ja koska sillä on merkittäviä muitakin lähteitä. Sikäli kun typpidioksidia pidetään liikennesaasteille altistumisen indikaattorina, mutta ei niiden terveyshaittojen olennaisena aiheuttajana, tämän indikaattorin säätelyn (kolmitiekatalysaattorit ym. tekniikka) vaikutus itse haittaan jää sattumanvaraiseksi ja tuntemattomaksi. Typpidioksidi saattaa voimistaa allergikkojen ja astmaattikkojen reaktioita siitepölyille, mutta on epävarmaa tapahtuuko tätä Suomen kaupungeissa esiintyvillä pitoisuustasoilla. Korkeille sisäilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen lisää yleisiä hengityselinoireita kuten yskää ja nuhaa, mutta ääritilanteessa esim. voimakkaasti hengittävälle urheilijalle se voi aiheuttaa jopa äkillisen keuhkopöhön.

**Riskinhallintavaihtoehdot:** Sikäli kuin liikenteen typpidioksidipäästöt ja kaupunki-ilman typpidioksidipitoisuudet alenevat edelleen ja kaasuliesien käyttö asunnoissa pysyy vähäisenä, typpidioksidipäästöjen riskinhallinta ei nykytiedon valossa edellytä näiltä osin uusia kansallisia toimenpiteitä. Lähinnä vapaa-ajan asuntojen, matkailuperävaunujen ja veneiden kaasulämmittimet ja -liedet vaativat kuitenkin seurantaa, koska pienissä ja suljetuissa tiloissa ne voivat tuottaa huomattavan korkeita typpidioksidipitoisuuksia. Jäähallien propaanilla toimivissa jäänhoitokoneissa käyttöönotetut kolmitoimikatalysaattorit ja ilmanvaihdon tehostaminen ovat vähentäneet typpidioksidin riskejä, mutta katalysaattoreiden kuntoa ei testata säännöllisesti.

### **Toimenpidesuosituks**

*Kaikkien polttoon perustuvien lämmityslaitteiden, joita ei ole varustettu ulos johtavalla savuhormilla, myynti ja asentaminen asuntoihin tulisi kieltää.*

*Kaasuliesien käyttö tulisi rajoittaa avoimiin tiloihin ja hyvin tuuletettuihin keittiöihin, jotka on varustettu liesikuvulla ja koneellisella poistopuhalluksella.*

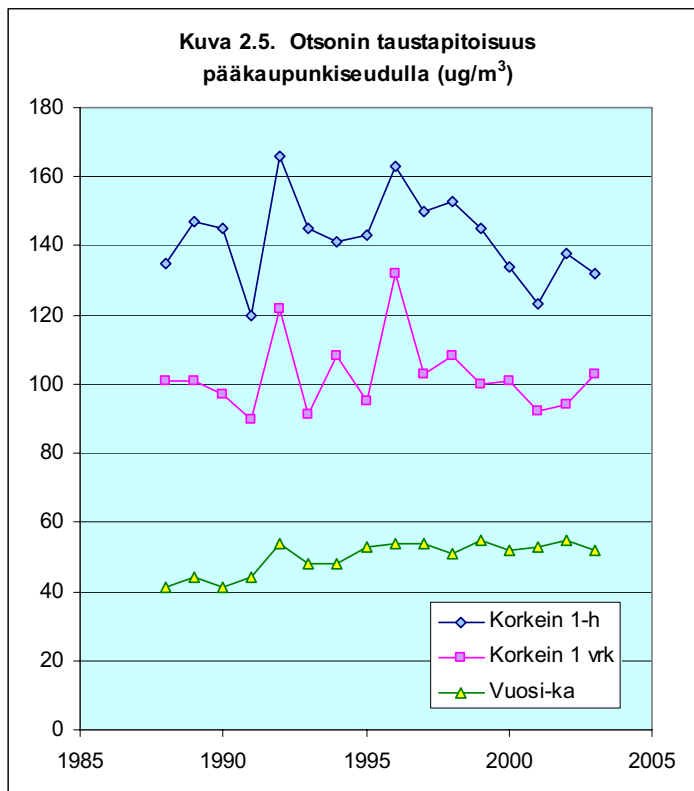
*Jäähallien polttomoottorikäyttöiset jäähöitokoneet pitäisi korvata sähkökoneilla vuoteen 2010 mennessä. Propaanilla toimivissa jäähöitokoneissa pitää olla tehokas kolmitoimikatalysaattori, jonka kuntoa seurataan vuotuisissa pakokaasutesteissä ja halkeissa pitää olla jatkuva ilmanvaihto. Vastaavia käytäntöjä pitäisi kehittää ja valvoa myös kartinghalleissa ja muissa moottoriurheilun sisätaapahtumissa.*

## **2.6. Otoni (O<sub>3</sub>)**

**Ulkolähteet:** Otonia muodostuu ulkoilmassa pieniä määriä valokemiallisesti tyypidioksidin ja ilman hapen reagoidessa auringon UV-säteilyn vaikutuksesta, mutta reaktiosarja monimutkaistuu ja otsonin tuotto lisääntyy moninkertaiseksi, kun valokemialliseen prosessiin tuodaan esim. liikenteen päästöjen kautta reaktiivisia hiilivetyjä. Paikallisesti liikenteen typpimonoksidipäästö reagoi välittömästi otsonin kanssa, ja alentaa näin ulkoilman otsonitason katutasolla jopa lähelle nollaa. Kaupunkien vilkkaimmin liikennöityjen keskusta-alueiden ilman otsonipitoisuus onkin tyypillisesti esikaupunkialueita ja ympäröivää maaseutua alempi. Kauempana lähteistä liikenteen päästöt kuitenkin lisäävät otsonin tuottoa, joka voi saastuneessa ilmassa auringon UV-säteilyn vaikutuksen alla jatkaa päiväkausia. Niinpä korkeimmat otsonipitoisuudet esiintyvät muutoin puhtailla tausta-alueilla, missä muut ilmansaasteet eivät otsonia kuluta, keväisin, kun auringon UV-säteilytasot ovat korkeimmillaan, ja iltapäivisin, kun valokemiallisilla prosesseilla on ollut aikaa tuottaa otsonia. Yöaikaan ja pilvisellä säällä otsonipitoisuudet pienenevät.

Kuva 2.5 näyttää otsonin vuosikeskiarvojen ja huippupitoisuuden kehityksen YTV:n ilman laadun tausta-aseamalla, Espoon Luukissa. Vaikka korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet näyttävätkin olevan alenemassa v. 1996 huipputason jälkeen, vuosikeskiarvot pysyttelevät edelleen varsin korkealla tasolla osoittamatta alenemisen merkkejä.

Luukin aseman otsonipitoisuudet, vaikka ne ylittävätkin Helsingin keskustan pitoisuudet, eivät suinkaan edusta korkeimpia otsonitasoja Suomessa, vaan korkeimmat vuosikeskiarvoaikaaispitoisuudet (60 - 70 µg/m<sup>3</sup>) mitataan Itämeren ulkosaariston, Lapin ja Itärajan syrjäseuduilla. Suuria, yli 100 µg/m<sup>3</sup> vuorokausikeskiarvoja on mitattu myös etelärannikolla ja läntisessä Sisä-Suomessa. Voimakkaimmin otsonipitoisuus on kuitenkin kohonnut kaupunkien liikennekeskustoissa, erityisesti Helsingin Töölössä, jossa pitoisuus kaksinkertaistui kymmenessä vuodessa (v. 1990, 17 µg/m<sup>3</sup> - v. 2000, 38 µg/m<sup>3</sup>). Ilmeinen syy on liikenteen otsonia kuluttavan typpimonoksidipäästön väheneminen.



**Sisälähteet:** Otsonin sisälähteitä olivat vielä 10-15 vuotta sitten mm valokopiokoneet, ensimmäisen sukupolven laserkirjoittimet ja sähköstaattiset ilmanpuhdistimet. Tekninen kehitys on kuitenkin jokseenkin tarkoin poistanut nämä lähteet, eikä otsonilla nykyisin juuri ole sisälähteitä. Sisäilman otsonipitoisuudet ovat kotoisin ulkoilmasta, ja suljetussa tai koneellisesti ilmastoidussa sisätilassa otsonipitoisuus on murto-osa ulkoilman tasosta. Edes ovien ja ikkunoiden aukipitäminen ei riitä kohottamaan reaktiivisen otsonin sisäpitoisuutta ulkoilman tasalle.

**Altistumistasot:** Väestöpohjaista otsonialtistumistutkimusta ei Suomessa ole tehty. Ulkoilmapitoisuudet kaupunkialueella ovat 10 - 25% Kuvan 2.5 esittämiä taustapitoisuuksia alemmalla tasolla ja pitoisuudet sisäilmassa, jossa ihmiset asuvat ja työskentelevät yli 90% ajastaan, ovat edelleen 30-80% näitäkin alempia, vuositasolla todennäköisesti alle 20, mahdollisesti jopa alle  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sisäilmassa otsonin mahdollisesti haitallisin

vaikutus johtuu sen ja erilaisissa kotikemikaaleissa runsaasti hajusteina käytettyjen  $\delta$ -limoneenin ja  $\alpha$ -pineenin reaktiotuotteista, jotka ovat voimakkaasti limakalvoja ja hengitysteitä ärsyttäviä yhdisteitä.

**Terveysvaikutukset altistumispitaisuuksilla:** Kaupunki-ilman otsonipitoisuus on - PM2.5 hiukkaspitoisuuden ohella - osoittautunut epidemiologisissa aikasarjatutkimuksissa väestön sairastavuuden ja kuolleisuuden vaihtelun tilastollisesti merkitsevimmäksi riippumattomaksi selittäjäksi. Otsonille herkkiä väestöryhmiä ovat lapset, astmaatikot ja muut hengityselinsairaat. Vaikka väestön otsonialtistumisen ja ulkoilman otsonipitoisuuden välinen yhteys lienee Suomessa keskimääräistä heikompi - johtuen tiivistä rakennuksista, moninkertaisista ikkunoista ja koneellisen ilmanvaihdon yleisyydestä - otsonialtistuminen ei nykyisellään osoita selkeitä pienenemisen merkkejä. Tämän vuoksi tarvitaan otsonipitoisuuksien seurantaa ja mahdollisten terveyshaittojen tutkimusta. Korkeat otsonihuiput saattavat voimistaa allergikkojen ja astmaattikkojen reaktioita siitepölyille.

**Riskinhallintavaihtoehdot:** Etelä-Suomen taustailman otsoni on pääasiassa peräisin Suomen ulkopuolelta tulevista lähtöaineista. Otsonipitoisuuksien hallinta edellyttää laajaa kansainvälistä yhteistyötä typen oksidien ja reaktiivisten hiilivetyjen päästöjen alenemiseksi. Toisaalta rakennuskannan uudistuminen mitä todennäköisimmin vähentää väestön otsonialtistumista ulkoilman pitoisuuksista riippumatta. Otsonin huippupitoisuuksista varoittaminen tiedotusvälineissä auttaa erityisesti astmaattikkoja välttämään altistumista ulkoilmassa.

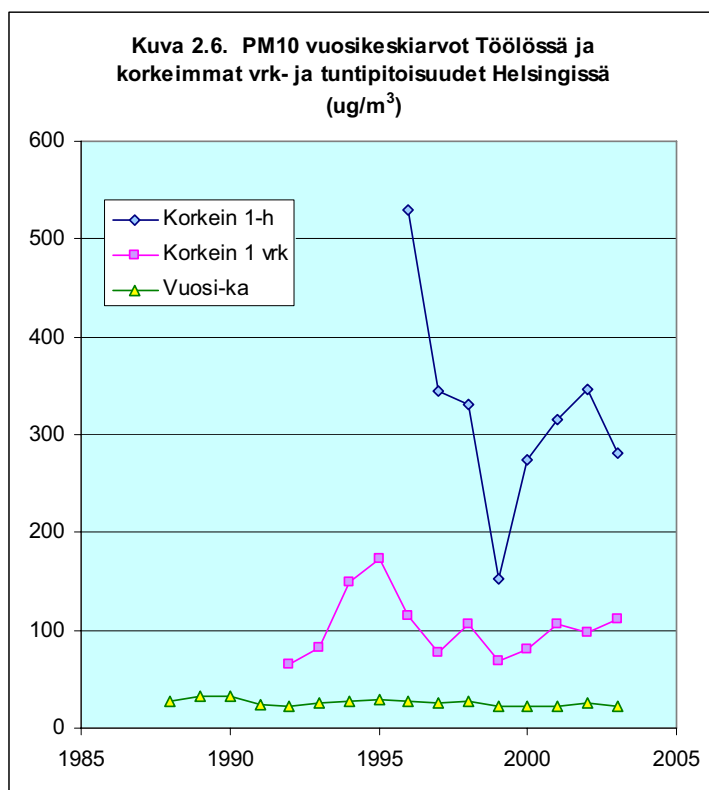
### Toimenpidesuositus

*Otsonin sisäilmapitoisuudet, reaktiotuotteet sisäilmassa ja näille altistuminen Suomessa olisi selvitettävä, sekä mahdolliset terveysvaikutukset arvioitava.*

## 2.7. Hengitettävät hiukkaset, PM10 ja pienhiukkaset PM2.5

**Ulkolähteet:** Valtakunnallisesti n. 30% Suomen pienhiukkaspäästöistä on peräisin puun pienpoltosta. Pääkaupunkiseudun suurimmat ulkoilman pienhiukkaslähteet olivat vv. 1996-1998 kuitenkin energialaitokset ja liikenne. Muiden lähteiden osuudet olivat joko vähäiset (paikallinen teollisuus, lämmitys, laiva- ja lentoliikenne) tai tuntemattomat (tie- ja maapöly sekä tiesuola) (ks. Taulukko 2.4). Valtaosa pääkaupunkiseudun ulkoilman pienhiukkaspitoisuudesta ei kuitenkaan ole peräisin paikallisista lähteistä vaan se koostuu kaukokulkeutuneesta sekundaari- ja primaariaerosolista. Myös energialaitosten

päästöjen rooli paikallisissa hengitysilman pitoisuuksissa jää 150 metristen piippujen ansiosta vaatimattomaksi. Helsingin keskustan hengitettävien hiukkasten (hiukkasten läpimitta alle 10  $\mu\text{m}$ , PM10) pitoisuuksien lyhytaikaiset huipputasot ovat vaihdelleet vuodesta toiseen huomattavasti. Pitkäaikaispitoisuuksien kehityssuunta on lievästi laskeva; 1998-2003 PM10-pitoisuuskeskiarvo oli Helsingin Töölössä 13% pienempi kuin 1988-1993 vastaava keskiarvo. Kuvassa 2.6 on esitetty PM 10 vuosikeskiarvot Töölössä ja korkeimmat vuorokausi- ja tuntipitoisuudet Helsingissä ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Helsingin Töölö ei edusta korkeinta PM10 pitoisuutta Suomessa, vaan vuosikeskiarvotasolla vastaavansuuruisia (yli 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pitoisuuksia on mitattu liikennekeskustoissa ainakin Kotkassa, Mikkelissä, Lappeenrannassa, Oulussa ja Kouvolassa, joissa yleistrendi on, kuten Helsingissäkin, hitaasti aleneva.

**Sisälähteet:** Sisäilman pienhiukkasten yleisin ja merkittävin lähde on ulkoilma. Ilman erityisiä sisälähteitä sisäilman pienhiukkaspitoisuudet ovat 65-90 % ulkoilman vastaava pitoisuudesta. Yleisin sisälähde on ihmisen liikkumisesta ja fyysisestä aktiivisuudesta.

desta aiheutuva pöly, joka koostuu pääasiassa erilaisista mineraalihiukkasista ja jota kutsutaan usein englanninkielisellä nimityksellä "personal cloud" (henkilökohtainen [pöly]pilvi). Merkittävin sisälähde on kuitenkin tupakointi. Tilassa, jossa tupakoidaan, sisäilman pienhiukkaspitoisuus on hyvin suurten vaihtelurajojen puitteissa keskimäärin 3-kertainen tupakkavapaaseen tilaan verrattuna. Pienhiukkaspitoisuuksia nostavat sisäilmassa myös kaikki muut vapaassa tilassa tapahtuvat polttoprosessit kynttilöistä kaa-suliesiin, öljylamppuihin ja petrolikamiinoin - polttomoottorikäyttöisistä koneista puhumattakaan.

**Altistumistasot:** Ilman erityisiä kodin tai työpaikan sisälähteitä aktiivisen kansalaisen pienhiukkasaltistumisen taso on keskimäärin hieman ulkoilmapitoisuutta korkeampi, ja poikkeaa tästä myös koostumukseltaan sekä lähteosuuksiltaan. Koska kansalainen viettää ajastaan valtaosan sisätiloissa, rakennusten ilmanvaihdoissa ja sisätiloissa tapahtuva hiukkasten passiivinen (depositio) ja aktiivinen (koneellisen ilmanvaihdon suodattimet) suodattuminen vähentää altistumista ulkoilman pienhiukkasille. Poikkeuksena on altistuminen liikenteestä peräisin oleville pienhiukkasille, josta keskimäärin puolet saadaan itse liikenteessä oltaessa kaduilla ja metrotunneleissa. Liikenteestä peräisin oleville pienhiukkasille altistumisen taso on siis keskimäärin n. 50% ulkoilmapitoisuutta suurempi - ja vaihtelee huomattavasti. Toisaalta sisälähteiden osuus, joka ulkoilmassa ei näy juuri lainkaan (esim. tupakansavun osuus Kalifornian Los Angelesin ulkoilman pienhiukkasista on alle 1%), korostuu altistumisessa, jossa tupakansavun osuus saattaa olla hallitseva.

Taulukossa 2.5 on esitetty PM<sub>2.5</sub> altistumistaso Helsingissä. Se on vain tai alle puolet vertailukaupunkien (lukuun ottamatta Oxfordia) tasosta. Toisin sanoen PM<sub>2.5</sub> pienhiukkasaltistuminen on pohjoismaissa yleensäkin selkeästi Keski- ja Etelä-Euroopan tason alapuolella, samaa suuruusluokkaa kuin Brittein Saarilla. Taulukossa 2.5 taas käyvät selkeästi esille paikallisten päästöjen, ulkoilma- ja altistumispitoisuuksien yhteydet ja suhteelliset erot pääkaupunkiseudulla. Paikallisten päästöjen osuus ulkoilman pienhiukkaspitoisuudesta on vain noin 1/3 mutta altistumisesta (mukaan lukien sisäpäästöt) keskimäärin lähes 2/3. Ilman tupakointia tai muita erityisiä sisälähteitä, sisälähteiden osuus altistumisesta on keskimäärin noin 1/4.

Taulukko 2.5. Pääkaupunkiseudun (YTV) ilman pienhiukkaset ja niiden lähdeosuudet						
Lähde	Päästö		Ulkoilma-pitoisuus		Altistumis-pitoisuus	
	(t/v)	(%)	µg/m <sup>3</sup>	(%)	µg/m <sup>3</sup>	(%)
Autoliikenne	719	37	1,08	11	1,85	16
Energialaitokset	1064	55				
Pintalähteet	60	3				
Pistelähteet	50	3				
Lento- ja laivaliikenne	38	2	0,71	8	0,88	7
Tie- ja maapöly	NA					
Meri- ja tiesuola	NA					
Kaukokulk. primaarihiukkaset	-					
Kaukokulk. sekundaarihiukkaset	-		4,23	45	3,10	26
Selittämätön sisälähde	-		-		2,38	20
Tupakansavu	-		-		5-15 <sup>(*)</sup>	30-60 <sup>(*)</sup>
* kun oleskellaan tiloissa, joissa tupakoidaan						

**Terveysvaikutukset altistumispitoisuuksilla:** Ulkoilman pienhiukkaset (läpimitta alle 2,5 µm, PM<sub>2.5</sub>) lisäävät hengityselinsairauksiin sekä sydän- ja verisuonitauteihin liittyvää sairastavuutta ja kuolleisuutta myös Suomessa. Sairastavuus ja kuolleisuus lisääntyvät päivinä, jolloin pienhiukkasaltistukset ovat suuria. Samoin kuolleisuus on korkeampi kaupungeissa, joiden ulkoilman pienhiukaspitoisuudet ja pitkäaikaispitoisuudet ovat korkeat. Vaikutus näyttäisi alkavan hyvin pienissä pitoisuuksissa, joten turvallista tasoa ei ole pystytty määrittämään. Ulkoilman pienhiukkasiin kytkeytyy yksin Euroopassa tilastollisesti n. 300 000 ennen aikaista kuolemantapausta, ja ne näyttävät lyhentävän keskimääräistä elinikää korkeiden pitoisuuksien alueilla noin vuodella. Riskit näyttävät kohdentuvan erityisesti sepelvaltimotautia sairastaviin, diabeetikoihin ja kroonista keuhkohtaumatautia sairastaviin, mutta pienhiukkasaltistus näyttää lisäävän myös vastasyntyneiden kätkyt kuolemia. Myös kaikenikäisten astmaatikkojen oireet ja sairaalakäynnit lisääntyvät, mutta heillä ei ole todettu lisääntyntä kuolleisuutta. Ulkoilman pienhiukkaset ovat siis hyvin keskeinen ympäristöterveysongelma sekä Euroopassa että globaalisti. Niinpä EU on kiristämässä lainsäädäntöään tavoitteena pienhiukkasaltistuksen merkittävä vähentäminen.

Ulkoilman pienhiukkaset ovat peräisin hyvin monilukuisista ja erityyppisistä lähteistä, joskaan ei ole pois suljettu sekään mahdollisuus, että ne kaikki ovat suurin piirtein yhtä haitallisia. Yleinen asiantuntijanäkemyks on, että hiukkasten riskit riippuvat niiden alkupe-  
räästä, koostumuksesta ja hiukkaskoosta. Epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet

selvimmin **kivihiilen pienimittakaavaisen polton, terästehtaan päästöjen ja tupakan-savun hiukkasten riskit**. Myös liikenteen, erityisesti dieselpakokaasujen, pienhiukkasten riskeistä on näyttöä. Yleinen - joskin tieteellisesti vahvistamaton - käsitys on, että suurimmat riskit liittyvät epätäydellisissä palamisprosesseissa muodostuviin hiukkasiin. Polttoperäisten hiukkasten osuutta kuvaavien alkuainehiilen (EC) tai optisesti mitatun mustahiili-indeksin (Black Smoke index, BS) osuudet eivät useimmissa epidemiologisissa tutkimuksissa kuitenkaan selitä pienhiukkasten riskejä PM2.5 hiukkasten massapitoisuuksia paremmin. Vaikutusmekanismien suhteen yleinen – samoin tieteellisesti vahvistamaton käsitys on, että pitkäaikainen pienhiukkasaltistus lisää verisuonten ateroskleroosin kehittymistä. Mahdollisesti pienhiukkasten transitiometallien ja joidenkin palamisperäisten orgaanisten yhdisteiden aiheuttama verisuonten epiteelisolujen happiradikaalituotantoa kiihdyttävä vaikutus olisi vastuussa akuuteista riskeistä. Toisaalta on olemassa epidemiologista näyttöä siitä, että esim. mineraali- ja maapölyhiukkaset sekä suolahiukkaset olisivat palamishiukkasia haitattomampia, mutta toisaalta kokeellisissa toksikologisissa tutkimuksissa ne ovat usein osoittautuneet hyvin aktiivisiksi.

Suomen pienhiukkaspäästöistä erityisen suuri osa on peräisin puun pienpoltosta sekä erityisesti keväisin myös tuulen ja liikennevirtojen ilmaan nostamasta katupölystä, joihin liittyvien terveysvaikutusten arviointia haittaa erityisesti puutteellinen tieto terveysvaikutusten mekanismeista.

Yhteenvedon voidaan todeta, että samalla kun tietoa pienhiukkasista on kertynyt runsaasti ja niiden kokonaisriskit ovat kiistattomat, niin tiedossa on edelleen kriittisiä aukkoja sen suhteen, mitkä hiukkaslähteet, hiukkasten fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä vaikutusmekanismit näistä riskeistä ovat ensisijassa vastuussa.

**Riskinhallintavaihtoehdot:** Edellä mainitut tietoaukot haittaavat tavoitteellisen riskinhallinnan mahdollisuuksia. Pienhiukkasaltistuksen nopea ja merkittävä vähentäminen esim. Helsingissä nykytasolta on väistämättä kallista ja invasiivista, edellyttää mittavaa kansainvälistä yhteistoimintaa ja puuttuu moniin kansalaisten ja yritysten toimintavaihtoehtoihin. Periaatteessa on mahdollista, että riittämättömältä tietoperustalta toimien valitaan kalliita pienhiukkasaltistuksen vähentämiskeinoja, joiden terveyshyödyt osoittautuvat myöhemmin vähäisiksi tai marginaalisiksi. Radikaalit muutokset esimerkiksi liikenne- tai lämmitysvaihtoehdoissa saattavat johtaa riskien vähenemisen sijaan jopa niiden lisääntymiseen. Tästä syystä on toistaiseksi syytä suosia sellaisia pienhiukkasaltistuksen vähentämismenetelmiä, jotka kohdistuvat todennäköisimpiin riskien aiheuttajiin, vähentävät yksikkökohtaisia päästöjä ja tuottavat joka tapauksessa terveellisempää ja viihtyisämpää elinympäristöä - parempaa elämisen laatua. Samalla on syytä seurata



tarkoin tieteellisen tiedon kertymistä, tukea olennaisiin pullonkauloihin puretuvaa tutkimusta ja tehdä tiedon täsmentyessä uusia käytännön johtopäätöksiä.

- Viime vuosikymmenien kehitystrendit ovat jo merkittävästi vähentäneet väestön altistumista erityisesti polttoperäisille hiukkaselle. Näistä on erityisesti nostettava esille (i) tupakanpolton merkittävä väheneminen yleensä ja sisätiloissa erityisesti, (ii) kaupunkien rakennusten lämmityksen keskittyminen talokohtaisesta uuni- ja keskuslämmityksestä suuriin voimalaitoksiin, (iii) talokohtaisen jätteenpolton lopettaminen, sekä (iv) liikenteen pakokaasupäästöjen tiukkeneva sääätely, joka vähentänee jo lähitulevaisuudessa radikaalisti myös uusien dieselajoneuvojen pakokaasuhiukaspäästöjä.

Samalla on silti muistettava, että myös nykyiset kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuudet muodostavat edelleen merkittävän kansanterveysriskin.

### **Toimenpidesuosituks:**

*Tupakanpolton edelleen rajoittaminen ja vähentäminen vähentää sekä tupakoimattomien että erityisesti nykyisten tupakoitsijoiden altistumista.*

*Liikenteen pienhiukaspäästöjen nopeavaikutteisin rajoittamiskeino on poistaa liikenteestä savuttavat vanhat tai vaurioituneet ajoneuvot tiukennettavien katsastusmääräysten, liikennepoliisin välittömien toimintavaltuuksien ja autovanhusten liikenteestä pois ostamisen avulla (tällaisten toimien sosiaaliset kerrannaisvaikutukset on kuitenkin syytä punnita huolellisesti). Tehokas liikennepölyhiukkasten rajoittamismenetelmä olisi nastarenkaiden käytön rajoittaminen erityisesti Etelä-Suomessa.*

*Uusien bensiinikäyttöisten ajoneuvojen pakokaasuhiukaspäästöt ovat erittäin pienet, mutta myös dieselajoneuvojen pakokaasuhiukaspäästöjen lähes 100% suodattamiseksi on jo olemassa (diesel particle trap, DPT) tekniikkaa. Tämä otettaneen esim. Saksassa, Itävallassa ja Hollannissa käyttöön jo v. 2006 ja muualla EU:n alueella pian tämän jälkeen. Tätä kehitystä on syytä vahvistaa esimerkiksi asentamalla dieselhiukkassuodattimia myös nykyiseen kaupunkibussikantaan.*

*Taajama-alueilla asunnon lämmitykseen käytettävät puu-uunit ja -kattilat tulee saattaa tyyppihyväksymismenettelyn ja määräaikaiskatsastusten piiriin. Niiden tulee olla pääsääntöisesti lämpöä varaavia, ja niissä tulee käyttää polttoaineena vain puhdasta kuivaa puuta. Uudet lämpöenergiaa varaamattomat tulisijat tulisi varustaa mm. monissa USA:n osavaltioissa jo kauan vaadituilla katalyyttisillä jälkipolttimilla, jotka myös pa-*

*rantavat niiden lämmityshyötysuhdetta. Mahdollisuuksia asentaa näitä laitteita myös olemassa olevaan uunikantaan olisi selvitettävä ja kehitettävä.*

*Kohdennettua tutkimusta olisi suunnattava i) puun pienpolton hiukkaspäästöjen ii) katupölyn, iii) metrotunneleiden hiukkasten väestövaikutuksiin (kohdennettua epidemiologiaa) ja terveysvaikutusten mekanismeihin (kokeellista toksikologiaa). Näiden tutkimusten tulokset voivat vaikuttaa hyvin olennaisella tavalla tuleviin lämmitys- ja liikennepoliittisiin sekä -tekniisiin (tienpinnoitus, liukkauden torjunta, renkaat, jarrut) kehittämisvalintoihin.*

## **2.8. Bentseeni (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)**

**Ulkolähteet:** Bentseenin tärkein ulkolähde on bensiinipolttoaine, sen epätäydellinen palaminen tai haihtuminen. Muita lähteitä ovat öljynjalostus, bentseeniä epäpuhtautena sisältävien liuottimien käyttö ja muut epätäydelliset polttoprosessit.

**Sisälähteet:** Bentseenin tärkein sisälähde on tupakointi. Muita sisälähteitä ovat muut polttoprosessit, esim. öljylamput ja hormittomat petrolikamiinat, sekä joissakin puhdistusaineissa, vahoissa, maaleissa ja liimoissa käytettyjen teknisten liuottimien epäpuhtautena sisältämä bentseeni.

**Altistumistasot:** Ilman tupakka- tai työperäistä altistumista altistuminen bentseenille on pääkaupunkiseudulla peräisin pääasiassa ulkoilmasta ja liikenteestä sekä autoiluun liittyvistä tekijöistä, kuten asuinrakennuksen yhteydessä olevasta autotallista sekä vierailuista huoltoasemilla ja autojen tankkaamisesta siellä. Altistumistaso Helsingissä on kuitenkin eurooppalaisista vertailukaupungeista pienin ja alittaa selvästi EU:n ilmanlaadudirektiivin bentseenin ulkoilmapitoisuudelle määrittämän vuosikeskiarvon enimmäistason (5 µg/m<sup>3</sup>), ks. Taulukko 2.4. Bentseenin ulkoilmapitoisuuksista tai altistumistasosta ei Suomesta ole Helsingin ulkopuolelta tietoja, mutta lienee turvallista olettaa, että ne ovat enintään Helsingin pitoisuuksien tasalla.

**Terveysvaikutukset altistumispitoisuuksilla:** Bentseeni on varmuudella ihmiselle syöpää, tarkemmin leukemiaa, aiheuttava kemikaali, genotoksinen karsinogeeni (IARC<sup>▲</sup> luokka 1). Tämä tiedetään siksi, että eräät työntekijäryhmät ovat aikaisemmin altistuneet jopa vuosikymmenien ajan hyvin suurille bentseenipitoisuuksille. Nykyisten Helsingis-

---

<sup>▲</sup> IARC on WHO:n kansainvälinen syöpäriskien tutkimusinstituutti, joka sijaitsee Lyonissa, Ranskassa. Se luokittelee kemikaalien (kuten bentseenin) ja kompleksien altisteiden (kuten dieselpakokaasut tai tupakan savu) syöpäriskejä riskin tieteellisen varmuuden, ei esim. yksikköannoksen aiheuttaman syövän todennäköisyyden tai väestötasolla havaittavan riskin suuruuden mukaan.

sä mitattujen bentseenin ulko- ja sisäilmapitoisuuksien arvioitua elinikäiset leukemiariskit ovat vähäiset, 1/100 000 - 1/1 000 000 ja ne perustuvat oletukseen, että riski kasvaa lineaarisesti annoksen mukaan heti nolla-annoksesta lähtien.

**Riskinhallintavaihtoehdot:** Useimpien ihmisten bentseenialtistuksesta on suuri osa peräisin ulkoilmasta, kaupunkien liikenteestä. Tämä koskee kuitenkin vain niitä kansalaisia, joiden bentseenialtistus on suhteellisen matala, kymmenes- tai sadasosan luokkaa tupakansavuisesta sisäilmasta tai eräistä työperäisistä altistuksesta. Bentseenille voidaan altistua merkittävässä määrin myös ruoan, juoman ja ihon kautta.

Koska bentseeni on tunnettu karsinogeeni, altistumisen bentseenille tulisi olla aina niin alhaista kuin käytännössä on mahdollista (as low as reasonably achievable, ALARA-periaate), toisin sanoen kaikkien kotitalouskemikaalien ja tuotteiden tulisi olla bentseenittömiä. Ongelmaksi on muodostunut se, että tuoteryhmästä riippuen bentseenittömyys tarkoittaa sitä, että tuotteessa on vähemmän kuin esim. **1% bentseeniä**, ei siis sitä, että tuotteessa ei ole lainkaan bentseeniä.

### **Toimenpidesuositukset**

*Kaikki mikä rajoittaa tupakointia vähentää myös bentseenialtistumista.*

*Liikennepolttoaineiden ja moottoriajoneuvojen nykyisen suuntainen kehitys alentaa jatkuessaan kaupunkien ulkoilman bentseenipitoisuuksia edelleen ja tätä kehitystä on siis kaikin tavoin rohkaistava.*

*Kaikkien kulutustuotteiden ja rakennuksissa käytettävien materiaalien tulisi olla bentseenittömiä ja tätä vastaava (esim. liuottimien) bentseenipitoisuusraja olisi alennettava esim. 100 ppm.*

## **2.9. Formaldehydi (HCHO)**

**Ulkolähteet:** Formaldehydillä ei ole altistumisen kannalta merkittäviä ulkolähteitä.

**Sisälähteet:** Formaldehydin korkeimmat pitoisuudet aiheuttavat sisälähteet ovat kosteuden ja lämmön vaikutuksesta degeneroituvat rakennuslevyjien, parkettien, muovipinnoitteiden ja kalusteiden ureaformaldehydiliimat ja joissain tapauksissa myös eriste-vaahdot. Muita sisälähteitä ovat mm. eräät vesipohjaiset maalit, formaldehydiä päästävät tekstiilit, puhdistus- ja desinfiointiaineet, kosmeettiset tuotteet, kaasuliedet, huopakynät, tulipesät, tuore puu ja, jälleen tärkeänä, tupakointi.

**Altistumistasot:** Formaldehydille altistumisen keskitason ylittää ilman saasteista ainoastaan häkä, joka on peräisin valtaosin ulkoilmasta, sekä jokseenkin harmiton aseton, jolle formaldehydin tavoin altistutaan lähinnä sisälähteistä. Ilman erityisiä sisälähteitä (tupakka- ja UF-liimat) altistumistaso formaldehydille on Suomessa alle  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sisälähteet kohottavat sisäilmapitoisuuden kuitenkin helposti  $40\text{--}100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tasolle, jolla moni jo aistii formaldehydin hajun ja ylärajalla myös limakalvoärsytyksen. Helsingissä EXPOLIS väestötöksestä poimittujen tutkittavien mitatut ympärivuorokautiset formaldehydialtistumistasot olivat v. 1997 keskimäärin n. 20 ja enimmillään n.  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Terveysvaikutukset altistumispitoisuuksilla:** Formaldehydi on v. 2004 arvioitu varmuudella ihmiselle syöpää, tarkemmin nenäontelon syöpää ja mahdollisesti myös leukemiaa, aiheuttavaksi kemikaaliksi (IARC luokka 1). Tämä tiedetään siksi, että eräät työntekijäryhmät ovat aikaisemmin altistuneet jopa vuosikymmenien ajan hyvin suurille formaldehydipitoisuuksille. Koska syöpäriskin arviointi ei toistaiseksi vielä sisällä annos/vaste-arviota, ei tässä vaiheessa ole mahdollista arvioida väestötason riskejä Suomessa. Formaldehydin annos-vastekäyrä on hyvin jyrkkä, eli on todennäköistä, että lineaarinen ekstrapolaatio soveltuu erittäin huonosti sen riskinarviointiin.

Formaldehydi aiheuttaa aikuisilla  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (lapsilla mahdollisesti jo  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pitoisuuden yläpuolella jo lyhyen altistumisajan kuluessa silmän, nenän ja alempien hengitysteiden limakalvojen ärsytystä, sekä nuha- ja muuta hengitystieoireilua. Formaldehydin hajukynnys on noin  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja ärsytysoireita formaldehydi voi aiheuttaa herkillä ihmisillä hyvin pienissä pitoisuuksissa ( $5\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (STM, 2003).

**Riskinhallintavaihtoehdot:** Sisäilman formaldehydin riskejä alettiin tutkia ja rakennusmateriaalien formaldehydipäästöjä rajoittaa jo 1980-luvulla. Tästä huolimatta haju- ja ärsytyskynnyksen ylittävät sisäilman formaldehydipitoisuudet ovat edelleen yleisiä. Kun formaldehydi on määritetty ihmiselle syöpää aiheuttavaksi kemikaaliksi, sille altistumista olisi alennettava ALARA periaatteen mukaisesti niin alhaiseksi kuin kohtuudella mahdollista. On toisaalta otettava huomioon, että formaldehydi on ihmiselimistön normaali metaboliitti, ja varsinkin suurelta hengitysilman pitoisuudet (esim.  $2,3 \text{ mg}/\text{m}^3$  40 min ajan) eivät vaikuta merkittävästi plasman formaldehydipitoisuuksiin. Siten ärsytysoireita voidaan yhtä hyvin kuin karsinogeenisuutta perustella säätelyn pohjaksi. Formaldehydipäästöt rakennusmateriaaleista, kotitalouskemikaaleista ja eri tuotteista sisäilmaan tulee vähentää mahdollisimman alhaiselle tasolle, jos mahdollista, pitoisuuksiin, jotka eivät aiheuta ärsytys- ja herkistävyysoireita. Rakennus- ja kulutustuotteiden valmistuksessa tulee välttää formaldehydiä tai teknisesti estää formaldehydin vapautuminen tuotteista sisäilmaan niitä käytettäessä.

## Toimenpidesuositukset:

*Kaikki mikä rajoittaa tupakointia, vähentää myös formaldehydialtistumista.*

*Rakennusmateriaalien ja kulutustuotteiden tulisi olla mahdollisimman formaldehydivapaita, toisin sanoen niiden valmistuksessa tulisi välttää formaldehydin tai formaldehydiä vapauttavien kemikaalien käyttöä tai teknisesti estää formaldehydin vapautuminen tuotteista hengitysilmaan.*

### 2.10. Tupakansavu

Aktiivisen tupakoinnin terveysvaikutuksista on runsaasti tietoa mm. Britannian lähes 35 000 lääkäriä tehdyistä 50 vuotta kestäneestä kohorttitutkimuksesta. Tupakka aiheuttaa kuoleman noin joka toiselle tupakoivista, jopa kahdelle kolmesta. Tupakoivat miehet kuolevat keskimäärin 10 vuotta nuorempina kuin ei-tupakoivat, ja tupakoinnin lopettaminen 50 vuoden iässä puolittaa lisävaaran. Kuolleisuus kaikissa tupakoivien ikäryhmissä on noin kaksinkertainen vastaavaan tupakoimattomien ikäryhmään verrattuna. Riski riippuu suuresti tupakoinnin kestosta, joten varhainen aloittaminen on erityisen haitallista. Lisäkuolleisuus aiheutuu ennen muuta verenkiertoelimistön taudeista, syövästä ja hengityselimistön taudeista. Riskisuhde on suurin keuhkosyövälle (keskimäärin 16-kertainen), koska keuhkosyöpä on tupakoimattomilla hyvin harvinainen. Määrällisesti verenkiertoelimistön sairaudet on kuitenkin tärkeämpi, vaikka riskisuhde ei ole yhtä suuri (noin 2-kertainen), koska niiden kokonaismäärä on niin suuri. Äidin tupakointi aiheuttaa keskimäärin 200 g pienemmän syntymäpainon lapselle ja on vastuussa 15 %:sta ennenaikaisista synnytyksistä. Perinataalinen kuolleisuus on 1,5-kertainen, jos äiti tupakoi raskauden aikana.

Ympäristön tupakansavu ("passiivinen tupakointi") aiheuttaa olosuhteista riippuen hyvin vaihtelevan altistuksen. Sen on arvioitu aiheuttavan noin 20 % lisäyksen keuhkosyöpäriskiin (eli 1,2-kertainen riski, kun oma tupakointi aiheuttaa 16-kertaisen). WHO:n syöväntutkimuslaitos IARC on luokitellut vuonna 2004 ympäristön tupakansavun ihmiselle syöpää aiheuttavaksi (ryhmä 1). Kuten tupakan päävirran savussa, myös ympäristön tupakansavussa on ainakin 4000 kemikaalia ja niistä yli 50 on varmoja, todennäköisiä tai mahdollisia karsinogeneeneja. Muiden syöpien kuin keuhkosyövän riskistä on paljon vähäisempi näyttö, mutta verrattuna omaan tupakointiin, yhteys useiden syöpien lisääntyneeseen riskiin on todennäköinen. Muita keskeisiä vaikutuksia ovat lisääntynyt sydän- ja verisuonisairauksien riski, sekä lasten hengityselinsairauksien lisääntyminen. Raskaudenaikaisen altistuksen ympäristön tupakansavulle on myös epäilty aiheuttavan pientä syntymäpainoa ja lisäävän lapsen kehityshäiriöiden riskiä.

## 2.11. Sisäilmaan liittyvät erityiskysymykset

Edellisissä, hengitysilmaa kokonaisuutena tarkastelevissa osioissa selostettiin jo seikka-peräisesti sisäympäristöjen kemikaalialtistusta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tässä osiossa tuodaan esille joitakin erityisesti sisäympäristöjä ja sisäilmaa koskevia täydentäviä näkökohtia ja erityiskysymyksiä. Sisäilman epäpuhtaudet ovat kemiallisia, biologisia tai fysikaalisia altisteita. Viimeksi mainittua edustaa lähinnä radonin hajoamisen aiheuttama säteily, joka ei kuulu tämän selvityksen rajauksen sisälle. Myös fysikaalisilla ympäristötekijöillä kuten lämpötilalla, kosteudella ja ilmanvaihdon avulla on merkitystä sisäilman ja sisäympäristön koetulle laadulle, epäpuhtauksien muodostumiselle ja leviämislle, mutta ne eivät sellaisenaan ole tämän selvityksen tarkastelun kohteena.

Sisäympäristöjä, joissa altistutaan hengitysilman epäpuhtauksille, ovat käytännössä kaikki rakennetut ympäristöt: asunnot, koulut, päiväkodit, työpaikat, hoitolaitokset, kaupat, ravintolat, urheiluhallit, museot, liikennevälineet ja vapaa-ajanviettotilat. Sisäilman kautta tapahtuva altistuminen on pitkäkestoista, sillä valtaosa ihmisistä viettää lähes 90% ajastaan sisätiloissa, kuten kohdassa 2.2.1 Ajankäyttö (Taulukko 2.1) on todettu. Tyypillistä on myös, että koko väestö altistuu sisätilojen ilman epäpuhtauksille. Ulkoilman, esim. liikenteen päästöille altistuvat vähiten henkilöt, jotka esimerkiksi sairauden takia eivät liiku ulkosalla, mutta hekin ovat tekemisissä sisäilman altisteiden kanssa. Toisaalta ulkoilman epäpuhtauksia kulkeutuu jatkuvasti sisätiloihin.

### 2.11.1. Sisäilman epäpuhtauksia koskeva säädöstö

Sisäilman laatua koskeva lainsäädäntö sisältyy Terveysturvallisuuslakiin (763/94), jonka 32§ nojalla on annettu myös viranomaisohjeita. Asumisterveysohje (STM, 2003) sisältää ohjeet asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaalisten, kemiallisten ja mikrobiologisten tekijöiden ohjearvoista, mittaamisesta ja tulosten tulkinnasta. Ohje kattaa pääsääntöisesti kaikki sisäympäristöt, jotka eivät ole työympäristöjä. On kuitenkin sisäympäristöjä, jotka ovat sekä työympäristöjä että terveydensuojelulain tarkoittamia elinympäristöjä. Tällaisia ovat esimerkiksi koulut ja sairaalat. Käytännössä sisäilmaohjetta sovelletaan laajasti myös ei-tuotannollisia tiloja edustavien työympäristöjen kuten toimistotilojen valvonnassa.

Kemiallisten altisteiden osalta ohjearvot on annettu ammoniakille (sisäilman ns. tavanomainen pitoisuus  $10 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), formaldehydille ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), hiilidioksidille (tyydyttävä pitoisuus sisäilmassa  $2160 \text{ mg}/\text{m}^3$ ), hiilimonoksidille (sisäilman hetkellinen pitoisuus enintään  $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) ja styreenille ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Lisäksi ohjearvot on annettu hiukkas-

pitoisuudelle (PM10 70 µg/m<sup>3</sup>, 24 tunnin keskiarvo, 20 °C, 1 atm) ja asbestikuiduille (<0.01 kuitua/cm<sup>3</sup>) (STM, 2003). Sisäilman laatuun läheisesti vaikuttavaa lainsäädäntöä on myös rakentamista ja ilmanvaihtoa käsittelevä säädöstö, esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelman ohje D2: Sisäilma ja energiankäyttö.

Lainsäädäntöön perustuvien vaatimusten ja ohjeiden lisäksi on laadittu erilaisia vapaaehtoisia ohjeistoja, joiden avulla pyritään edistämään sisäilman laatua teknisen suunnittelun ja toteutuksen keinoin. Sisäilma-alalla toimivat tahot (Sisäilmayhdistys, Rakennustietosäätiö, Suomen Arkkitehtiliitto SAFA, Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ja Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL) ovat laatineet Sisäilmastoituksen (2000), jossa annetaan tavoitearvot usean parametrin suhteen kolmeen sisäilman laatuluokkaan S1-S3 luokiteltaville tiloille.

Rakennustietosäätiö on myös julkaissut vapaaehtois pohjalla toimivan materiaalien päästöluokituksen. Materiaalin emissio mitataan laboratorio-olosuhteissa standardoidulla menetelmällä neljän kuukauden iässä. Riittävän alhaiseen emissioarvoon päässyt tuote voi saada M1-merkinnän, mikä viittaa päästöjen osalta parhaaseen laatuluokkaan. M1-merkinnän saaneita tuotteita on tällä hetkellä useita kymmeniä. Taulukossa 2.6 on esitetty vaatimukset, joiden perusteella materiaali voidaan luokitella luokkiin M1 ja M2 ([www.rts.fi](http://www.rts.fi)).

<b>Taulukko 2.6. Luokituksessa käytettävät rakennusmateriaalien epäpuhtauspäästöjen vaatimukset</b>		
<b>Tutkittavat ominaisuudet</b>	<b>M1 [mg/m<sup>2</sup>h]</b>	<b>M2 [mg/m<sup>2</sup>h]</b>
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio	<0,2	<0,4
Formaldehydin (HCOH) emissio	<0,05	<0,125
Ammoniakin (NH <sub>3</sub> ) emissio	<0,03	<0,06
IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden emissio *	<0,005	<0,005
Haju **	ei haise	ei haise merkittävästi
* WHO 1987, ei koske formaldehydiä (IARC 2004)		
** Aistinvaraisen arvioinnin tulos on oltava >+0,1.		
Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.		
Luokkaan M3 kuuluvat materiaalit, joiden epäpuhtauspäästöt ylittävät luokan M2 raja-arvot		

## 2.12. Sisäilman epäpuhtauksien lähteet ja poistuminen

Sisäilman kemialliset epäpuhtaudet ovat peräisin monesta erilaisesta lähteestä. Näitä ovat ulkoilma ja maaperä, rakennus- ja sisustusmateriaalit, talotekniset toiminnot kuten lämmitys ja ilmanvaihto ja niihin liittyvät laitteet ja materiaalit, käyttötavarat ja -tuotteet sekä rakennuksessa oleskelevat ihmiset ja eläimet sekä kaikki sisätiloissa tapahtuvat toiminnot.

Sisäilman kemialliset epäpuhtaudet ovat peräisin sekä ulkoa että sisällä olevista lähteistä (ks. Altistumlähteet 2.1.3). Sisälähteitä ovat kaikki käytetyt rakennus- ja sisustusmateriaalit, tiloissa käytettävät aineet kuten pesu-, puhdistus- ja siivousaineet, vaatteet, käyttötavarat ja ruoka-aineet. Myös ihmisistä itsestään erittyy kemiallisia yhdisteitä. Sisätilojen ilmanvaihdon tarkoitus on yleensä poistaa epäpuhtaudet hengitysilmaasta siten, ettei altistumista tapahtuisi, - mutta käytännössä tämä toteutuu harvoin.

Sisäilman epäpuhtauksien poistumismekanismeja ovat muutontareaktiot, suodattuminen, laskeutuminen pinnoille, ilmanvaihto sekä siivous ja puhdistus. Pitoisuus ilmassa riippuu paitsi lähteiden voimakkuudesta ja poistumismekanismien tehokkuudesta myös sisätilan tilavuudesta. Ihminen altistuu kullakin ajanhetkellä niille epäpuhtauksille, joita esiintyy samaan aikaan samassa mikroympäristössä. Altistumisessa on siis kyse varsin monimutkaisesta prosessista, jonka mallintaminen edellyttää tarkkoja tietoja prosessin osatekijöistä. Sisäilman kemiallisten yhdisteiden pitoisuusjakaumat ja niihin vaikuttavat tekijät tunnetaan vielä puutteellisesti. Väestön altistumista on kuitenkin tutkittu myös suoraan mittaamalla koehenkilöiden henkilökohtaista altistumista. Näiden tutkimusten tulosten perusteella on voitu arvioida aikuisväestön altistumista ilman epäpuhtauksille varsin tarkkaan (ks. kohta 2.2 Altistuminen). Sen sijaan lapsiväestöä koskevaa altistumistietoa on niukemmin. Erityisesti koulujen ja päiväkotien sisäilman laadussa on usein puutteita, lasten ja nuorten ilmansaastealtistumisen selvittäminen olisi tärkeä osa ympäristöterveydellisten riskien arvioimista.

### Toimenpidesuositus

*Väestötason altistumistutkimuksen tulee olla osa prosessia, jonka avulla arvioidaan ympäristötekijöiden aiheuttamia riskejä. Eri väestöryhmien kuten lasten ja nuorten altistumiseen vaikuttavat tekijät tulee selvittää.*



## 2.13. Sisäilman orgaaniset yhdisteet

Sisäilman epäpuhtaudet voidaan ryhmitellä lähteen mukaan (tupakansavu, rakennusmateriaalien päästöt, mikrobiotoksiinit) tai niiden fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien mukaan (esim. hiukkaset, hiilivedyt, ftalaatit). Sisäilman altisteet ovat heterogeeninen joukko erilaisia yhdisteitä, joille on yhteistä se, että sisäilma on tyypillinen altistumistie. Näille yhdisteille altistumiseen vaikuttavat tekijät ja niiden yleisyys ja haitallisuus vaihtelevat suuresti. Sisäilman epäpuhtausryhmiä ovat **hiukkasmaiset, haihtuvat ja puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet** sekä kosteusvaurioiden seurauksena muodostuvat **mikrobien aineenvaihduntatuotteet**. Mikrobien aineenvaihduntatuotteet ovat haihtuvia tai hiukkasissa esiintyviä kemiallisia yhdisteitä.

Kemialliset epäpuhtaudet esiintyvät ilmassa **haihtuvina yhdisteinä** (VOC, volatile organic compounds), **puolihaihtuvina yhdisteinä** (SVOC, semivolatile organic compounds) tai **hiukkasiin** sitoutuneina. Haihtuvat yhdisteet ovat esimerkiksi alifaattisia, aromaattisia ja halogenoituja hiilivetyjä, alkoholeja, aldehydejä, ketoneita, estereitä ja eettereitä. Ftalaatit, orgaaniset palonestoaineet ja kloorifenolit ovat esimerkkejä puolihaihtuvista SVOC –yhdisteistä, joita esiintyy mm. muovituotteissa, rakennusmateriaaleissa, huonekaluissa ja tekstiileissä. Yhdisteitä haihtuu lähes kaikista materiaaleista, kulutustuotteista ja sisustustarvikkeista. Osa sisäilman haihtuvista yhdisteistä on ulkoilmasta peräisin. Sisäilmassa esiintyy aina useita kymmeniä haihtuvia yhdisteitä, mutta yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet ovat yleensä pieniä. Yhdisteiden pitoisuuksiin vaikuttavat monet tekijät, eikä kattavia selvityksiä VOC- tai SVOC-yhdisteiden pitoisuusjakaumista sisäilmassa ole saatavissa. Rakennusmateriaalien emissioselvitykset antavat kuitenkin kuvan siitä, mitä kaikkea sisäilmassa esiintyy. Taulukossa 2.7 on esitetty eräiden rakennusmateriaalien tyypillisiä VOC-emissioita.

Sisäilman VOC-yhdisteiden terveysvaikutukset tunnetaan huonosti. Yksittäisten aineiden vaikutuksista suurina pitoisuuksina on tietoa esim. työlääketeestä, mutta sisäilmassa pitoisuudet ovat yleensä erittäin pieniä. Tutkimustarve kohdistuu ennen muuta yhdisteiden pitkäaikaisten yhteisvaikutusten selvittämiseen.

Puolihaihtuvia sisäilmassa ja huonepölyssä esiintyviä yhdisteryhmiä ovat esimerkiksi PAH-yhdisteet, torjunta-aineet, palonestoaineet ja muovien pehmittimet. PAH-yhdisteiden lähteitä ovat kaikki palamisprosessit sekä bitumi- ja tervapitoiset maalit. PCB-yhdisteitä esiintyy loisteputkissa, maaleissa, elementtien tiivistemassoissa ja sideaineissa, joissa niitä käytetään palonestoaineena. Ftalaatit ovat yleisesti käytettyjä muovien pehmittimiä ja niitä on myös yleisesti tekstiileissä, tapeteissa, liimoissa, maaleissa

ja painoväreissä. Orgaanisia palonestoaineita ovat organofosforiyhdisteet, klooratut organofosforiyhdisteet ja eräät bromatut yhdisteet (Korpi 2004).

SVOC-yhdisteiden emissioita ja niille altistumista sisäilman kautta on ryhdytty tutkimaan vasta äskettäin, ja siksi tiedot ovat toistaiseksi puutteellisia. SVOC-emissiot saattavat kuitenkin käyttäytyä toisin kuin VOC-päästöt; esimerkiksi televisioiden palonestoaineiden päästöt lisääntyvät ajan myötä, kun taas useimpien materiaalien VOC-päästöt ovat suurimmillaan uusissa tuotteissa. SVOC-yhdisteet esiintyvät enimmäkseen hiukkasmuodossa, sillä ne ovat huoneilman olosuhteissa haihtuvassa muodossa vain lyhytaikaisesti korkean kiehumispisteensä vuoksi.

SVOC-yhdisteiden terveysvaikutuksista on vasta vähän tietoa. Äskettäin on raportoitu tutkimus, jossa todettiin huonepölyn ftalaattipitoisuuden korreloivan lasten hengitystieoireiden kanssa (Bornehag ym. 2004). Tarvitaan vielä lisätutkimusta, ennen kuin näiden yhdisteiden merkitystä sisäilman altisteina voidaan arvioida.

Taulukko 2.7. Eräiden rakennustuotteiden tyypillisimmät emissiot				
Materiaali/Emissio	Materiaaliemissiot		Laskennallinen pitoisuus	
	Emissiokerroin $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$	Osuus emissiosta, %	Climpaq $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mallihuone $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PVC[+], hyväksytty				
1,2-propaanidioli	13	8.5	2,8	11
fenoli	5	3.3	1,1	4
2-(2-butoksietoksi)etanoli	58	37.9	12.4	47
1-metyyli-2-pyrrolidoni	77	50.3	16.5	63
ammoniakki	-	-	-	-
formaldehydi	-	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>153</b>	<b>100</b>	<b>32.7</b>	<b>125</b>
PVC[-], ei-hyväksytty*				
2-etyyliheksanoli	13	18.1	2.6	11
2,2,4,6,6-pentametyyli-heptaani	2	2.8	0.4	2
2-etyyliheksaanihappo	35	48.6	6.9	28
1-butanoli	5	6.9	1.0	4
ammoniakki	12	16.7	2.4	10
formaldehydi	5	6.9	1.0	4
<b>Yhteensä</b>	<b>72</b>	<b>100</b>	<b>14.2</b>	<b>59</b>
Maali[-], hyväksytty				
texanoli	137	95.8	92.7	383
ammoniakki	3	2.1	2.0	8
formaldehydi	3	2.1	2.0	8
<b>Yhteensä</b>	<b>143</b>	<b>100</b>	<b>96.7</b>	<b>399</b>
Maali[-], ei-hyväksytty*				
1,2-propaanidioli	260	70.1	191.1	728
2-(2-etoksietoksi)etanoli	100	27.0	73.5	280
2-amino-2-metyyli-1-propanoli	4	1.1	2.9	11
ammoniakki	4	1.1	2.9	14
formaldehydi	3	0.8	2.2	8
<b>Yhteensä</b>	<b>371</b>	<b>100</b>	<b>272.6</b>	<b>1041</b>

\*ei täytä nykyisiä vaatimuksia

Lähde: Villberg K, Saarela K, Tirkkonen T, Pasanen A-L, Kasanen J-P, Pasanen P, Kalliokoski P, Mussalo-Rauhamaa H, Malmberg M, Haahtela T. Sisäilman laadun hallinta, VTT Publications 540. Tietojen päivitys12/2004: Kirsti Villberg, Kristiina Saarela /VTT

....jatkuu				
Taulukko 2.7. Eräiden rakennustuotteiden tyypillisimmät emissiot				
Materiaali/Emissio	Materiaaliemissiot		Laskennallinen pitoisuus	
	Emissio-kerroin g/m <sup>2</sup> h	Osuus emissiosta, %	Climpaq, µg/m <sup>3</sup>	Mallihuone µg/m <sup>3</sup>
Liimat[+], hyväksytty				
nonanaali	1	0.7	0.2	0.8
sykloheksanoli	1	0.7	0.2	0.8
2-(2-butoksietoksi)etanoli, asetaatit	117	86.0	23.8	95
2-(2-butoksietoksi)etanoli	5	3.7	1	4
ammoniakki	5	3.7	1	4
formaldehydi	7	5.1	1.5	6
<b>Yhteensä</b>	<b>136</b>	<b>99.9</b>	<b>27.7</b>	<b>110.6</b>
Liimat[-], ei-hyväksytty*				
1,2-propaanidioli	5	13.2	1	4
ksyleeni	2	5.3	0.5	2
2-(2-butoksietoksi)etanoli, asetaatit	10	26.3	2	8
tolueeni	1	2.6	0.2	0.8
ammoniakki	10	26.3	2	8
formaldehydi	10	26.3	2	8
<b>Yhteensä</b>	<b>38</b>	<b>100</b>	<b>7.7</b>	<b>30.8</b>
Tasoite[+], hyväksytty				
Heksanaali	3	10	0.5	2
2-etyyli-1-heksanoli	1	3.3	0.2	0.8
nonanaali	2	6.7	0.5	2
TXIB	1	3.3	0.2	0.8
ammoniakki	3	10	0.5	2
formaldehydi	20	66.7	4	16
<b>Yhteensä</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>5.9</b>	<b>23.6</b>
Tasoite[-], ei-hyväksytty*				
1,2-propaanidioli	70	50.0	14.3	57
tolueeni	1	0.7	0.2	0.8
TXIB	3	2.1	0.5	2
2-(2-butoksietoksi)etanoli	1	0.7	0.2	0.8
2-etyyliheksanoli	2	1.4	0.5	2
bentseenimetanoli	4	2.9	0.8	3
ammoniakki	3	2.1	0.5	2
formaldehydi	56	40.0	11.5	46
<b>Yhteensä</b>	<b>140</b>	<b>99.9</b>	<b>28.5</b>	<b>113.6</b>

\*ei täytä nykyisiä vaatimuksia

Lähde: Villberg K, Saarela K, Tirkkonen T, Pasanen A-L, Kasanen J-P, Pasanen P, Kalliokoski P, Mussalo-Rauhamaa H, Malmberg M, Haahtela T. Sisäilman laadun hallinta, VTT Publications 540. Tietojen päivitys 12/2004: Kirsti Villberg, Kristiina Saarela/VTT

## Toimenpidesuositus

*Sisäilman kemiallisten altisteiden yhteisvaikutuksista pitkäaikaisen altistumisen seurauksena tarvitaan lisätietoa. Tämän tiedon avulla voidaan nykyistä paremmin ratkaista sisäilmaongelmia, joiden hallitseminen on tärkeä ympäristöterveydellinen ja taloudellinen kysymys.*

*SVOC-yhdisteiden esiintymistä ja niille altistumista sisäympäristöissä tulee selvittää, jotta niiden merkitys sisäilman altisteina ja terveyshaittojen mahdollisina aiheuttajina voidaan arvioida ja niiden torjuntaan tarvittavat toimenpiteet valmistella.*

### 2.14. Epätavalliset altistumistilanteet

Satunnaisotoksella valittujen koehenkilöiden altistumistieto antaa kuvan väestötason altistumisesta, mutta ei ole sovellettavissa sellaisiin tapauksiin, joissa altistutaan epätavallisen suurille epäpuhtauspitoisuuksille joko rakennuksen sisäilmastoon liittyvän ongelman vuoksi tai ihmisen oman toiminnan seurauksena.

Sisäilmaongelmat, joihin liittyy erilaisia ärsytys- ja yleisoireita, joita usein kutsutaan ns. sairas rakennus- eli SBS-oireyhtymäksi, johtuvat usein sisäilman kautta tapahtuvasta kemikaalialtistumisesta. Syynä voi olla esimerkiksi kosteusvaurion aiheuttama muovimaton kemiallinen hajoaminen tai kalusteista ja pinnoilta haihtuvat maalien, liimojen tai lakkojen ainesosat ja muut yhdisteet. Yksittäisen yhdisteen pitoisuudet voivat joissakin tapauksissa ylittää jopa työympäristöille annetun HTP-pitoisuuden, jolloin oireilun aiheuttaja on mahdollista päätellä kohtuullisella varmuudella. Ongelmien taustalla on kuitenkin usein joukko pienissä pitoisuuksissa esiintyviä yhdisteitä, joiden spesifisestä merkityksestä oireiden tai huonoksi koetun sisäilman laadun aiheuttajana ei ole vielä tarpeeksi tietoa. Koska rakennuksen asiaankuulumaton kosteus voi johtaa sekä kemiallisiin että mikrobiologisiin haittoihin, voivat myös kemikaaleihin liittyvät ongelmat esiintyä samanaikaisesti homeongelmien kanssa. Kemikaalien ja mikrobien yhteisvaikutuksia ei kuitenkaan tunneta. Sisäilmaan liittyvän oireilun taustalla voi olla epäpuhtauslähteiden lisäksi puutteellinen tai huonosti toimiva ilmanvaihto tai epämiellyttävinä koetut lämpöolosuhteet. Monissa tapauksissa sisäilmaongelmien aiheuttajat jäävät käytännössä selvittämättä.

Huonoksi koettu ilmanlaatu aiheuttaa yleensä työtehon laskua ja lisää sairauspoissaoloja. Lisäksi kyseessä on voimakkaasti elämän laatua huonontava tekijä, jonka vaikutukset voivat olla monitahoiset. Sisäilmaongelmien vuoksi joudutaan myös usein toteuttamaan laajoja ja kalliita korjauksia.

Sisäilmaongelmia aiheuttavia tekijöitä tulisi edelleen selvittää tarkemmin, jotta tietämys niiden aiheuttajista, toteamisesta ja torjuntatoimista saadaan riittävän korkealle tasolle. Tämän hetken tietämys sisäilman laatua huonontavista tekijöistä ei selvästikään riitä siihen, että korjaustoimet pystytään kohdistamaan oikein ja ongelmat ratkaisemaan.

#### 2.14.1. Harrastuksiin liittyvä kemikaalialtistus

Epätavallisia altistumistilanteita voi liittyä myös harrastuksiin, joihin liittyy suuria epäpuhtauspitoisuuksia yhdistettynä tilan puutteelliseen ilmanvaihtoon (ks. myös luvut 2.4 ja 2.5 ja Kulutustuotteet luku 6.8). Esimerkkejä tällaisista epätavallisista kemikaalialtistumistilanteista ovat esimerkiksi grafiikan ja öljymaalausten teko, puu- ja metallityöt, laminointi ja muu muovipolymeerien käsittely. On huomattava, että näiden aineiden ammattimainen käsittely edellyttää työsuojelutoimia, esimerkiksi tehokkaan ilmanvaihdon ja mahdollisen kohdepoiston, käyttöturvallisuustiedotteiden tuntemista ja henkilökohtaisten suojaamien käyttöä. Sen sijaan harrastusluonteisesti tehtävät toiminnot tapahtuvat usein tiloissa, joiden ilmanvaihtoa ei ole suunniteltu näihin erikoistarkoituksiin. Harrastusten ohjaamisen yhteydessä tulisi korostaa keinoja, joilla altistumista haitallisille aineille voidaan välttää. Sisätiloissa tapahtuva moottoriurheilu tai muu polttomootorin, esimerkiksi pienkoneiden käyttö, voi aiheuttaa vakavia terveyshaittoja esimerkiksi hakealtistumisen vuoksi. Moottoriurheiluun liittyviä seikkoja on käsitelty Hengitysilma kappaleen luvuissa 2.4, 2.5 ja 2.7. Harrastustiloihin ja -toimintoihin liittyvää kemikaalialtistumista on kuitenkin tutkittu vähän, ja harrastustiloihin liittyvä sisäilman laadun valvonta lieenee jäänyt melko vähäiselle huomiolle.

#### **Toimenpidesuositus**

*Sisäilmaongelmia aiheuttavista ilmiöistä tarvitaan lisää tutkimustietoa. Tiedon tuottamisen ohella ongelmien ratkaisemiseen tarvitaan merkittävää koulutuspanosta esimerkiksi rakennus-, materiaaliteollisuus-, kiinteistö-, ilmanvaihto-, työsuojelu- ja terveysuojelualan henkilöstölle sekä tiedottamista suurelle yleisölle.*

*Harrastustiloihin liittyvä kemikaalialtistus tulisi selvittää tarkemmin, jotta niihin liittyvän ohjauksen yhteydessä voidaan opastaa tilojen käyttäjiä riittävästä ilmanvaihdesta sekä tarpeen mukaan käytettävistä kohdepoistoista ja henkilökohtaisista suojaamista.*

## 2.15. Rakennusten kosteusvaurioihin liittyvät kemialliset riskit

Epidemiologisin tutkimuksin on osoitettu, että rakennusten kosteusvaurioihin ja homekasvuun liittyy mm. hengitystieoireita, yleisoireita ja lisääntynyt astman riski (IOM 2004, Bornehag ym. 2004). Oireet liittyvät ajallisesti rakennuksessa oleskeluun ja lievittyvät altistuksen loppuessa. Kliinisissä tapausraporteissa ja ammattitautitilastoissa on dokumentoitu mm. astmaa, allergista nuhaa, reumasairauksia, sarkoidoosia ja homepölykeuhkotapauksia, joiden etiologiaan on liittynyt altistuminen kosteus- ja homevaurioituneelle sisäympäristölle.

Vaikka yhteys vaurioiden ja terveyshaittojen välillä on osoitettu, ei vielä varmuudella tiedetä, mitkä ovat terveyshaittojen keskeiset aiheuttajat. Kosteus saa aikaan materiaalien kemiallista hajoamista ja niiden pinnalle mikrobikasvua. Sekä kemiallisesta hajoamisesta että mikrobikasvusta joutuu ilmaan kemiallisia epäpuhtauksia, sekä haihtuvia VOC-yhdisteitä että puolihaihtuvia SVOC-yhdisteitä. Monet homesienet ja bakteerit tuottavat lisäksi rakennusmateriaaleilla kasvaessaan toksiineja, jotka ovat erittäin toksisia yhdisteitä.

**Kosteusvauriot:** Kosteus voi kertyä rakennukseen vuotojen, maaperän kosteuden kapillaarinousun tai tiivistymisen seurauksena (Haverinen 2002). Kosteuden tiivistyminen on usein seurausta puutteellisesta ilmanvaihdosta. Tämän päivän rakennusten kosteusongelmiin on monia syitä; taustalla voi olla suunnittelu- tai rakennusvirheitä, huollon ja kunnossapidon puutteita tai käyttövirheitä esimerkiksi ilmanvaihdossa.

Kosteusvauriot ovat rakennuskannassamme yleisiä. Riippuen siitä, miten "kosteusvaurio" tai "homeen esiintyminen" määritellään, yleisyysarviot vaihtelevat kosteuden osalta 50-80%:iin ja homeen osalta 5-20%:iin rakennuskannasta (Nevalainen ym., Koivisto ym.). Täsmällistä yleisyystietoa on vaikea saada, koska vaurioiden esiintymistä voidaan arvioida rakenteita avaamatta vain karkeasti.

Kosteus- ja homevaurioille altistuneiden lukumäärät ovat suuria, sillä kosteusvaurioita esiintyy asunnoissa, kouluissa, päiväkodeissa, työpaikoilla, hoitolaitoksissa ja vapaa-ajanviettiloissa. Koska ei ole tarkkaa tietoa siitä, kuinka laaja tai pitkäkestoinen vaurio alkaa aiheuttaa terveyshaittoja, on tyydyttävä konservatiiviseen arvioon altistuneiden määrästä. Käytettävissä olevan tiedon perusteella ainakin kolmasosa väestöstä joutuu tekemisiin jonkinasteisesti kosteus- tai homevaurioituneen sisäympäristön kanssa. Altistumisen intensiivisyys riippuu kunkin mikroympäristön pitoisuuksista ja siinä vietetystä ajasta. Opettajilla tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että henkilökohtai-

nen altistuminen mikrobeille on suurempaa kuin kotona tai työpaikalla mitatut sisäilmapitoisuudet. Tämä johtuu pääasiassa ihmisen liikkumisen seurauksena tapahtuvasta laskeutuneen pölyn resuspensiosta, ns. personal cloud-ilmiöstä.

#### 2.15.1. Kosteusvaurioihin liittyvät kemialliset päästöt

Kosteusvaurioiden seurauksena voi rakennusmateriaaleissa käynnistyä kemiallisia hajoamisreaktioita, jolloin hajoamistuotteita joutuu sisäilmaan. Esimerkiksi kostean betonilaatan päälle asennetun muovimaton alkalinen hajoaminen voi jatkua vielä kosteusolojen normalisoiduttua. Joissakin tapauksissa alapohjan kosteus on peräisin maaperästä. Taulukkoon 2.8 on koottu joitakin esimerkkejä sisäilmassa havaituista muovien hajoamistuotteista.

<b>Taulukko 2.8. Esimerkkejä yhdisteistä, joita voi vapautua sisäilmaan muovien hajoamisen seurauksena.</b>	
<b>Yhdisteryhmä</b>	<b>Esimerkkejä</b>
alifaattiset hiilivedyt	dodekaani, tridekaani, sykloheksaani, 3-metyyliheksaani
aromaattiset hiilivedyt	tolueeni, ksyleeni, styreeni, trimetyylibentseeni
alkoholit ja glykolit	2-etyyli-1-heksanoli, 1-butanoli, fenoli
ketonit	metyyli-isobutyryliketoni, sykloheksanoni
esterit	etikkahapon butyryliesteri, TXIB (trimetyylipentaanidioli-isobutyraatti)
hapot	2-etyyliheksaanihappo, alifaattiset karboksyylihapot
ftalaatit	dimetyyliftalaatti, dietyyliheksyyliftalaatti

#### 2.15.2. Mikrobin metaboliatuotteet

Mikrobikasvustosta vapautuu sisäilmaan hiukkasia ja haihtuvia yhdisteitä, jotka aistitaan usein homeen tai maakellarin hajuna. Hiukkaset voivat olla itiöitä (1-50 µm) tai itiöitä pienempiä hiukkasia (0.01- 1µm), ja ne voivat sisältää allergeeneja, mikrobisoluten rakennekomponentteja kuten endotoksiinia ja 1,3-β-glukaania, toksineja ja muita



metaboliatuotteita. Pinnoilla tai rakenteissa kasvavien mikrobien päästöt voivat joutua sisäilmaan jatkuvasti tai ajoittain, esimerkiksi tietyissä sääoloissa.

Mikrobien tuottamat haihtuvat metaboliatuotteet, ns. MVOC-yhdisteet (microbial volatile organic compounds), ovat hiilivetyjä, happoja, alkoholeja ja muita orgaanisia yhdisteitä kuten muutkin sisäilmassa esiintyvät VOC-yhdisteet. Yritykset löytää mikrobiometabolialle spesifisiä yhdisteitä eivät ole yleensä tuottaneet tulosta, koska yhdisteillä voi olla muitakin lähteitä, esimerkiksi ulkoilma. Vaikka homeen tai maakellarin haju on yleensä helppo tunnistaa aistinvaraisesti, on hajujen kemiallinen karakterisointi vaikeaa yhdisteiden suuren vaihtelun ja pienten pitoisuuksien vuoksi.

Myös mikrobitoroksiinit ovat homesienten tai bakteerien sekundaarisia aineenvaihdunnan tuotteita. Nämä yhdisteet eivät yleensä ole haihtuvia, vaan esiintyvät ilmassa mm. itiöihin tai niitä pienempiin hiukkasiin sitoutuneina. Rakennusmateriaaleilla kasvavia tokssiineja tuottavia homesieniä ovat esimerkiksi *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus versicolor* ja useat muut *Aspergillus*-lajit, *Trichoderma spp.*, *Fusarium spp.* ja *Chaetomium spp.* sekä monet *Penicillium*-lajit. Bakteereista toksiinintuottajia voivat olla streptomyykeetit ja eräät *Bacillus*- ja *Nocardiopsis*-lajit. Näitä mikrobeja kasvaa yleisesti kosteusvaurioituneilla rakennusmateriaaleilla (Hyvärinen ym. 2002).

Toksiineja on todettu esiintyvän rakennusmateriaaleilla kasvavassa mikrobikasvustossa (Tuomi ym. 2002). Sama mikrobikanta voi tuottaa useita erilaisia tokssiineja ja toisaalta samaa tokssiinia voivat tuottaa useat eri mikrobilajit. Saman mikrobilajin kaikki kannat eivät välttämättä tuota tokssiineja. Mikrobitoroksiineille altistumista sisäilman kautta ei ole juurikaan tutkittu. Tämä saattaa johtua metodisista ongelmista, joita liittyy ilmassa hyvin pieninä pitoisuuksina esiintyvien yhdisteiden määrittämiseen, ja ilmassa mahdollisesti esiintyvien tokssiinien suureen lukumäärään. Mikrobitoroksiineilla on immunotoksisia, neurotoksisia, karsinogeenisia ja ärsytysvaikutuksia. Eräiden vaikutusten on todettu hengitystiealtistumisessa olevan voimakkaampia kuin ruuansulatuskanavan kautta altistuttaessa. Mikrobitoroksiinien vaikutuksia on kuvattu kokeellisissa tutkimuksissa *in vitro* ja *in vivo*, ja eläinlääketieteessä on raportoitu runsaasti erilaisten tokssiinien vaikutuksia eri eläinlajeissa. Kokeellisin tutkimuksin tulisi selvittää erityisesti pienten annostasojen pitkäaikaisvaikutukset (IOM 2004).

Verrattain pienten ilmapitoisuuksien vaikutuksista ihmisiin ei ole dokumentoitua tietoa. Mikrobitoroksiinien suuren potentiaalin vuoksi niiden esiintymistä ja niille altistumista sisäympäristöissä tulisi tutkia tarkemmin. On ilmeistä, että tokssiinien aiheuttama oireilu ja mahdollinen sairastuminen on liian harvinainen ilmiö, että niitä havaittaisiin epidemiologisissa tutkimuksissa. Tietoa on paremmin saatavissa hyvin dokumentoiduista tapaustutkimuksista sekä kokeellisesta tutkimuksesta. Sisäympäristöjen mikrobitoroksiini-

nialtistus on tärkeimpiä sisäilman kemiallisiin altisteisiin liittyviä kysymyksiä. Aihepiirin selvittämiseen liittyy ennen muuta tutkimustarpeita.

### **Toimenpidesuositus**

Mikrobitoksiineille altistumista sisäympäristöissä ja siihen liittyviä terveyshaittoja tulisi tutkia tarkemmin. On syytä päätellä, että kyseessä on merkittävä altistumistapa akuutisti toksisille yhdisteille. Kokeellisin tutkimuksin olisi selvitettävä erityisesti mikrobitoksiinien pitkäaikaisvaikutukset.

### **2.16. Yhteenveto hengitysilmaa koskevista suosituksista**

#### ***Yleistä***

*Suomessa olisi käynnistettävä (kaupunki)väestöä edustava sisäilma- ja altistumisseurantaohjelma, jonka tavoitteena on seurata ilmansaastealtistumisen laadullista ja määrällistä muuttumista ajassa, analysoida muutoksen syitä ja arvioida sen tulevaa kehitystä ja kansanterveydellisiä seurauksia.*

#### ***Häkä (CO)***

***Sisäilman häkäpitoisuuden kohoamisesta täytyisi varoittaa kaikissa tiloissa, joissa se saattaa huomaamatta kohota terveydelle haitalliselle tai hengenvaaralliselle tasolle.***

*Asunnot, joiden asuintiloissa on lämmitykseen, ruoanvalmistukseen tai saunomiseen käytettyjä tulisijoja tulisi varustaa palovaroittimen lisäksi häkävaroittimella.*

*Kaikkien polttoon perustuvien lämmityslaitteiden, joita ei ole varustettu ulos johtavalla savuhormilla (tai liesikuvulla/liesituulettimella), myynti ja asentaminen asuntoihin tai vastaaviin sisätiloihin tulisi kieltää ja nykyisin käytössä olevat vastaavat laitteet tulisi joko varustaa asianmukaisesti tai poistaa käytöstä.*

*Kaikissa sisätiloissa ja halleissa, joissa käytetään polttomoottoreita, kuten jäähalleissa jäänhoitokoneita tai järjestetään moottoriurheilutapahtumia esim. kartinghalleissa, pitäisi aina olla häkävaroitin ja ilmanvaihto jatkuvasti päällä. Jäähallien polttomoottorikäyttöiset jäänhoitokoneet pitäisi korvata sähkökoneilla vuoteen 2010 mennessä. Nykyisin käytössä olevissa propaanilla toimivissa jäänhoitokoneissa pitää olla tehokas kolmitoimikatalysaattori, jonka kuntoa seurataan vuotuisissa pakokaasutesteissä.*

*Kaupunki-ilman häkäpitoisuuksiin kytkeytyneiden epidemiologisten aikasarja-analyysien tuloksia on syytä seurata tarkoin, koska ne saattavat vaatia lisäselvitystä syy-*

*seuraussuhteesta tai hänen kanssa voimakkaasti korreloivien pienhiukkasfraktioiden ja haihtuvien hiilivetyjen osuudesta terveyshaitoissa.*

### ***Typpidioksidi (NO<sub>2</sub>)***

*Typpidioksidin pitoisuudet voivat kohota terveydelle haitalliselle tasolle pienissä ja suljetuissa tiloissa, jossa käytetään polttoon perustuvia lämmittimiä, kuten esim. vapaa-ajan asunnoissa, veneissä, matkailuperävaunuissa.*

*Kaikkien polttoon perustuvien lämmityslaitteiden, joita ei ole varustettu ulos johtavalla savuhormilla, myynti ja asentaminen asuntoihin tulisi kieltää. Kaasuliesien käyttö tulisi rajoittaa avoimiin tiloihin ja hyvin tuuletettuihin keittiöihin, jotka on varustettu liesikuvalla ja koneellisella poistopuhalluksella.*

*Kaikissa sisätiloissa ja halleissa, joissa käytetään polttomoottoreita, pitäisi ilmanvaihdon aina olla päällä. Jäähallien polttomoottorikäyttöiset jäänhoitokoneet pitäisi korvata sähkökoneilla vuoteen 2010 mennessä. Nykyisin käytössä olevissa propaanilla toimivissa jäänhoitokoneissa pitää olla tehokas kolmitoimikatalysaattori, jonka kuntoa seurataan vuotuisissa pakokaasutesteissä. Samanlaisia hyviä käytäntöjä pitäisi kehittää ja valvoa myös kartinghalleissa ja muissa moottoriurheilun sisätahtumissa.*

### ***Otsoni (O<sub>3</sub>)***

*Otsonin sisäilmapitoisuudet, reaktiotuotteet sisäilmassa, näille altistuminen Suomessa olisi selvitettävä, sekä mahdolliset terveysvaikutukset arvioitava.*

### ***Hengitettävät hiukkaset, PM<sub>10</sub> ja pienhiukkaset PM<sub>2.5</sub>***

*Tupakanpolton edelleen rajoittaminen ja vähentäminen alentaa sekä tupakoimattomien että erityisesti nykyisten tupakoitsijoiden altistumista.*

*Liikenteen pienhiukkaspäästöjen nopeavaikutteisoin rajoittamiskeino on poistaa liikenteestä savuttavat vanhat tai vaurioituneet ajoneuvot tiukennettavien katsastusmääräysten, poliisin välittömien toimintavaltuuksien ja autovanhusten liikenteestä pois ostamisen avulla (tällaisten toimien sosiaaliset kerrannaisvaikutukset on kuitenkin syytä punnita huolellisesti). Tehokas liikennepölyhiukkasten rajoittamismenetelmä olisi nastarenkaiden käytön rajoittaminen erityisesti Etelä-Suomen kaupunkialueilla.*

*Uusien bensiinikäyttöisten ajoneuvojen pakokaasuhiukkaspäästöt ovat erittäin vähäiset, mutta myös dieselajoneuvojen pakokaasuhiukkaspäästöjen lähes 100% suodattamiseksi on jo olemassa (diesel particle trap, DPT) tekniikkaa, joka otettaneen esim. Saksassa, Itävallassa ja Hollannissa käyttöön jo v. 2006, ja muualla EU:n alueella pian tämän*

jälkeen. Tätä kehitystä on syytä vahvistaa esimerkiksi asentamalla dieselhiukkassuodattimia myös nykyiseen kaupunkibussikantaan.

Taajama-alueilla asunnon lämmitykseen käytettävät puu-uunit ja -kattilat tulee saattaa tyyppihyväksymismenettelyn ja määräaikaikatsastusten piiriin. Niiden tulee olla pääsääntöisesti lämpöä varaavia, ja niissä tulee käyttää polttoaineena vain puhdasta kuivaa puuta. Uudet lämpöenergiaa varaamattomat tulisijat tulisi varustaa mm. monissa USA:n osavaltioissa jo kauan vaadituilla katalyyttisillä jälkipolttimilla, jotka myös parantavat niiden lämmityshyötysuhdetta. Mahdollisuuksia asentaa näitä laitteita myös olemassa olevaan uunikantaan olisi selvitettävä ja kehitettävä.

Kohdennettua tutkimusta olisi suunnattava (i) puun pienpolton hiukaspäästöjen, (ii) katupölyn ja (iii) metrotunneleiden hiukkasten väestövaikutuksiin (kohdennettua epidemiologiaa) sekä terveysvaikutusten mekanismeihin (kokeellista toksikologiaa). Näiden tutkimusten tulokset voivat vaikuttaa hyvin olennaisella tavalla tuleviin lämmitys- ja liikennepoliittisiin sekä -teknisiin (tienpinnoitus, liukkauden torjunta, renkaat, jarrut) kehittämisvalintoihin.

### **Bentseeni ( $C_6H_6$ )**

Kaikki mikä rajoittaa tupakointia, vähentää myös bentseenialtistumista.

Liikennepolttoaineiden ja moottoriajoneuvojen nykyisensuuntainen kehitys alentaa jatkuessaan kaupunkien ulkoilman bentseenipitoisuuksia edelleen, ja tätä kehitystä on siis kaikin tavoin rohkaistava.

Kaikkien kulutustuotteiden ja rakennuksissa käytettävien materiaalien tulisi olla bentseenivapaita, ja tätä vastaava (esim. liuottimien) bentseenipitoisuusraja olisi alennettava.

### **Formaldehydi ( $HCHO$ )**

Kaikki mikä rajoittaa tupakointia, vähentää myös formaldehydialtistumista.

Rakennusmateriaalien ja kulutustuotteiden tulisi olla mahdollisimman formaldehydivapaita, toisin sanoen niiden valmistuksessa tulisi välttää formaldehydin tai formaldehydiä vapauttavien kemikaalien käyttöä tai teknisesti estää formaldehydin vapautuminen tuotteista sisäilmaan.

### ***Sisäilmaan liittyvät erityiskysymykset***

*Väestötason altistumistutkimuksen tulee olla osa prosessia, jonka avulla arvioidaan ympäristötekijöiden aiheuttamia riskejä. Eri väestöryhmien kuten lasten ja nuorten altistumiseen vaikuttavat tekijät tulee selvittää.*

*Sisäilman kemiallisten altisteiden yhteisvaikutuksista pitkäaikaisen altistumisen seurauksena tarvitaan lisätietoa. Tämän tiedon avulla voidaan nykyistä paremmin ratkaista sisäilmaongelmia, joiden hallitseminen on tärkeä ympäristöterveydellinen ja taloudellinen kysymys.*

*Sisäilmaongelmia aiheuttavista ilmiöistä tarvitaan lisää tutkimustietoa. Tiedon tuottamisen ohella ongelmien ratkaisemiseen tarvitaan merkittävää koulutuspanosta esimerkiksi rakennus-, materiaalteollisuus, kiinteistö-, ilmanvaihto-, työsuojelu- ja terveyden-suojelualan henkilöstölle sekä tiedottamista suurelle yleisölle.*

*SVOC -yhdisteiden esiintymistä ja niille altistumista sisäympäristöissä tulee selvittää, jotta niiden merkitys sisäilman altisteina ja terveyshaittojen mahdollisina aiheuttajina voidaan arvioida ja niiden torjuntaan tarvittavat toimenpiteet valmistella.*

*Harrastustiloihin liittyvä kemikaalialtistus tulisi selvittää tarkemmin, jotta niihin liittyvän ohjauksen yhteydessä voitaisiin opastaa tilojen käyttäjiä riittävän ilmanvaihdon merkityksestä ja tarvittavista kohdepoistoista ja henkilökohtaisista suojaamista.*

*Mikrobitoksiineille altistumista sisäympäristöissä ja siihen liittyviä terveyshaittoja tulisi tutkia tarkemmin. On syytä päätellä, että kyseessä on merkittävä altistumistapa akuutisti toksisille yhdisteille. Kokeellisin tutkimuksin olisi selvitettävä mikrobitoksiinien pitkäaikaisvaikutukset.*

*Sisäilmayhdistyksen sisäilmastoluokitus muodostaa hyvän perustan turvallisen sisäilman laadun varmistamiseksi. Tältä pohjalta olisi edelleen laajennettava ja kehitettävä hyvän rakennussuunnittelun, hyvän rakentamisen ja hyvän talonpidon käytäntöjä seuraavasti:*

- *Suunnittelu: Kohtuuttomien kosteusvaurioiden torjumiseksi rakenteiden, joiden voidaan odottaa joutuvan kosteudelle alttiiksi rakennuksen elinkaaren aikana, tulisi sietää satunnaista kostumista ja kuivua helposti ilman erityisiä toimenpiteitä.*
- *Rakentaminen: Vastuu rakentamismääräysten ja hyväksyttyjen suunnitelmien mukaisesta rakennuksen toteuttamisesta tulee säilyttää jakamattomana yhdelle taholle, joka olisi luonnollisimmin rakennuttaja. Ajallisesti vastuu, joka ei tar-*

*koita normaaleja huolto ja ylläpitotehtäviä, tulee kattaa rakennuksen kunkin komponentin osalta sen odotettavissa olevan käyttöiän. Rakennuttaja on myös vastuussa asianmukaisten tarkistus- huolto – ja ylläpito-ohjeiden laatimisesta ja toimittamisesta rakennuksen omistajalle.*

- *Ylläpito: Asukkaille, huoltoyhtiöille, isännöitsijöille ja rakennuksen omistajille olisi kehitettävä ohjeistot rakennusten määräaikaista tarkastuksista, ylläpidosta ja huollosta.*
- *Koulutus: Sisäilmaongelmia aiheuttavista ilmiöistä tarvitaan merkittävää koulutustilaa rakennus-, materiaalteollisuus-, kiinteistö-, ilmanvaihto-, työsuojelu- ja terveydensuojelualan henkilöstölle ongelmien vähentämiseksi sekä tiedottamista suurelle yleisölle.*

## Kirjallisuutta

763/94 Terveysuojelulaki

Anttila P, Alaviippola B, Salmi T. Ilmanlaatu Suomessa - Mitatut pitoisuudet suhteessa ohje- ja raja-arvoihin sekä vertailuja Eurooppalaisiin pitoisuustasoihin. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Ilmanlaadun Julkaisuja 2003;33, 83 sivua ja 15 liitettä.

Bornehag CG, Sundell J, Weschler CJ, Sigsgaard T, Lundgren B, Hasselgren M, Hagerhed-Engman L. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. Environ Health Perspect 2004;112(4):1393-7.

Edwards RD, Jantunen MJ. Benzene Exposure in Helsinki, Finland. Atmos Environ 2001;35(8):1411-1420.

Haverinen U. Modeling moisture damage observations and their association with health symptoms. Publications of the National Public Health Institute. (Academic dissertation) 10/2002.

Husgafvel-Pursiainen K. Genotoxicity of environmental tobacco smoke: a review. Mutation Research 2004;567:427-445.

Hänninen OO, Alm S, Rotko T, Koistinen K, Kousa A, Jurvelin J, Jantunen M. Ilman-  
saasteiden altistustasot Suomessa. Ympäristö ja Terveys-lehti 2004;35(4) (5/5/2004),  
50-55.

International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Tobacco smoke and involuntary smoking. Vol 83. Lyon 2004.

IOM (Institute of Medicine), National Academies of Science, Damp Indoor Spaces and Health. The National Academies Press Washington D.C. 2004; 12-21. [www.nap.edu](http://www.nap.edu)

Jurvelin J, Saarela K, Pasanen P, Hänninen O. VOC- ja karbonyyli-altistuminen pääkaupunkiseudulla: sisä- ja ulkoilmapitoisuuksien rooli aikuisväestön ilmansaastealtistuksessa. Ilmansuojelu (FAP News) 2004;2:26-30.

Koistinen K, Hänninen OO, Jantunen M. Pääkaupunkiseudun pienhiukkasaltistuksia kohottavat tekijät. Ilmansuojelu (FAP News) 2004;2:16-20.

Koivisto J, Jääskeläinen E, Nevalainen A, Husman T, Meklin T, Vahteristo N, Heiskala S, Forss P, Turpeinen J, Röning-Jokinen I. Asuinkerrostalojen kosteusvauriot – Yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B9/1996.

Korpi A. Puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet sisäilmassa. Ympäristö ja Terveys-lehti 2004;35(7-8):60-63.

Kousa A, Rotko T. Typpidioksidipitoisuudet ja -altistuminen pääkaupunkiseudulla Ilmansuojelu (FAP News) 2004;2:21-25.

Maroni M, Seifert B, Lindvall T (Eds.) Indoor Air Quality. Air Quality Monographs Vol 3, Elsevier Amsterdam 1995.

Myllynen M, Koskentalo T, Alaviippola B. Ilmanlaatu Pääkaupunkiseudulla vuonna 2003. YTV, Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2004;5, 50 sivua ja 6 liitettä.

Nevalainen A, Partanen P, Jääskeläinen E, Hyvärinen A, Koskinen O, Meklin T, Vahteristo M, Koivisto J, Husman T. Prevalence of moisture problems in Finnish houses. Indoor Air 1998; Suppl. 4:45-49.

Pekkanen J. Kaupunki-ilman pienhiukkasten terveysvaikutukset. Duodecim 2004;120: 1645-52.

Pääkaupunkiseudun vuosittaiset ilmanlaaturaportit vv. 1988 - 2002

Rotko T, Jantunen M. Ilmansaastealtistumisen väestölliset riskitekijät Helsingissä. Ilmansuojelu (FAP News) 2004;2:31-34.

Salonen RO, Pennanen AS. Jäähallien ilmanlaadussa edelleen parannettavaa. Tekniikka ja kunta 2002;26(1):15-19.

Salonen RO. Puun pienpolton terveyshaitat. Ympäristö ja Terveys-lehti 2004;35(4):4-9.

Sisäilmastoluokitus 2000. S/Y raportti 5. Sisäilmastoyhdistys ry.

STM 2003. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1.

Tuomi T, Reijula K, Johnsson T, Hemminki K, Hintikka EL, Lindroos O, Kalso S, Koukila-Kahkola P, Mussalo-Rauhamaa H, Haahtela T. Mycotoxins in crude building materials from water-damaged buildings. Appl Environm Microbiol 2000; 66:1899-1904.

Tuomainen A. Muovimattojen hajoaminen sisäilmaongelmien aiheuttajana. Hometta 2. Itä-Suomen työterveyslääkärit ry. Marraskuu 2002:27-29.

WHO 2000. Air Quality Guidelines for Europe. 2nd Edition. WHO Regional Publications, European Series No 91, 288 sivua.

Villberg K, Saarela K, Tirkkonen T, Pasanen AL, Kasanen JP, Mussalo-Rauhamaa H, Malmberg M, Haahtela T. Sisäilman laadun hallinta. VTT Publications 540, Helsinki 2004, 172 s. + liitteet.



### 3 JUOMA- JA UIMAVESI

Hannu Komulainen

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

#### 3.1. Juomaveden epäpuhtauksiin liittyvät terveysriskit

Juomaveteen liittyy kahdentyyppisiä terveysriskejä, **mikrobiologiset** ja **kemiallisten aineiden** aiheuttamat riskit. Näistä merkittävämpiä yleisyydeltään ovat mikrobiologiset terveysriskit, virusten ja bakteerien aiheuttamat vesiperäiset akuutit epidemiat. Juomaveteen liittyviä mikrobiperäisiä epidemioita on Suomessa ollut vuosittain 2-10 kappaletta ja niissä on sairastunut 10 - 6800 ihmistä (taulukko 3.1). Mikrobien vaikutukset (useimmiten ripulointia, pahoinvointia) ovat ohimeneviä, kun altistus saadaan päättämään, eikä altistumisesta yleensä jää pitkäaikaisvaikutuksia. Kampylobakteeriepidemian seurauksena on kuitenkin esiintynyt pitkäaikaisvaikutuksina mm. niveloireita. Pikkulapsilla ja vanhuksilla ripuliin liittyy myös kuolemanriski. Tyypillisin vesiperäisen ripulin syy on vesilähteen saastuminen mikrobeilla. Ongelmat liittyvät usein pieniin vesilaitoksiin ja yksittäisiin kaivoihin. Todetusta 42 vesivälitteisestä epidemiasta 10 on vesilaitosten jakaman veden aiheuttamia. Suomessa on terveydenhoito- ja suojeluviranomaisiin ja asiantuntijalaitoksiin perustuva vesiepidemioiden seurantajärjestelmä, joka aktivoituu hoitamaan todettua epidemiaa. Jo epidemiaepäilystä tulee ilmoittaa.

**Taulukko 3.1 Vesivälitteiset epidemiat Suomessa 1997 –2003**

<b>Vuosi</b>	<b>Vesiepidemiat</b>	<b>Sairastuneita</b>
1997	2	800
1998	8	6810
1999	5	524
2000	7	6428
2001	6	1105
2002	4	340
2003	10	550

Juomaveden ongelmalliset kemialliset aineet ovat peräisin luonnosta, syntyvät veden käsittelyn yhteydessä (veden desinfioinnin sivutuotteet, materiaaleista irtoavat aineet) tai ne saastuttavat vesilähteen. Niiden aiheuttamaa terveysriskiä on syytä arvioida erikseen välittöminä vaikutuksina (akuutti myrkyllisyys) ja pitkäaikaisen altistumisen aiheuttamina seuraamuksina.

Suurin osa suomalaisista käyttää juomavetenä ja muuna talousvetenä vesilaitosten toimittamaa, vesijohtoverkoston vettä. Noin 700 000 ihmistä käyttää juomavetenä kaivovettä. Yksityisiä, jatkuvassa käytössä olevia kaivoja arvioidaan olevan 150 000 – 260 000 ja niistä porakaivoja 50 000 – 100 000. Kaivoja on yhteensä Suomessa, loma-asutus mukaan lukien, n. 750 000 (porakaivoja 150 000, rengaskaivoja 600 000).

Vesilaitosten toimittaman talousveden laatua valvotaan EU:n juomavesidirektiivin (98/83/EY) perusteella annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen mukaan (461/2000). Siinä nimetään aineet (ns. kemialliset muuttujat, asetuksen liite I), joiden pitoisuutta tulee seurata ja annetaan sallitut enimmäispitoisuudet. Jos arvot ylittyvät, on ryhdyttävä toimenpiteisiin veden laadun saattamiseksi direktiivin mukaiseksi. Osa sallituista enimmäispitoisuusarvoista on arvioitu terveysperusteisina. Lisäksi on lueteltu ns. osoitinmuuttujat, joiden avulla lisäksi seurataan veden laatua ja käyttökelpoisuutta (laatusuosituks). Jos ne ylittyvät, kunnan terveydensuojeluviranomaisen on selvitettävä, liittyykö raja-arvon ylitykseen terveyshaittoja. Juomavesidirektiivin kemiallisia muuttujia ja osoitinmuuttujia ei käsitellä tässä selvityksessä ellei siihen ole erityistä syytä.

Suomessa ns. pienten vesilaitosten (vedenotto alle 10 m<sup>3</sup> päivässä, vesi alle 50 henkilön tarpeisiin) veden laadun seuranta on ohjeistettu erikseen (STM:n asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista, 401/2001) ja sitä valvoo kunnan terveydensuojeluviranomainen. Sen sijaan yksityiset kaivot ja niiden veden laatu eivät kuulu samanlaisen viranomaisvalvonnan piiriin kuin vesilaitokset ja niiden jakamat vedet. Kunnan terveydensuojeluviranomaisella ei ole velvollisuutta valvoa säännöllisesti yksityisen kaivon veden laatua, mutta se voi kuitenkin määrätä yksittäisen kaivoveden tutkittavaksi tai antaa määräyksiä sen käytöstä, jos on syytä epäillä terveyshaittaa (STM:n asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista, 401/2001). Useat juomaveden kemialliset ongelmat liittyvät kuitenkin kaivoveteen, erityisesti porakaivoihin. Vesihuoltolaitosten toiminta-alueiden ulkopuolella vastuu vesihuollon hoitamisesta on kiinteistön omistajalla. Kunnalla on kuitenkin alueellaan vesihuollon kehittämisvastuu, jos kaivovedet eivät ole terveydellisistä syistä käyttökelpoisia (Vesihuoltolaki 119/2001).

Paras kokonaiskäsitys talousveden laadusta Suomessa on ns. suurten vesilaitosten toimittamasta vedestä (n. 160 – 170 vesilaitosta), koska niiden vedenlaatutiedot raportoidaan EU:lle ja tätä varten tehdään yhteenvetoja (viimeisin vuodelta 2002, Zacheus 2004). Pienempien vesilaitosten tiedoista ei ole kattavia yhteenvetoja, vaan veden laadun valvontatiedot ovat vesilaitoksilla ja kuntien terveydensuojeluviranomaisilla. Raja-arvonylityksistä tulee ilmoittaa paikalliseen lääninhallitukseen. *Koska pieniin vesilaitoksiin liittyy todennäköisemmin vedenlaatuongelmia, tulisi kokonaiskuvan saamiseksi myös pienten vesilaitosten veden laadun valvontatiedot koota samalla tavalla systemaattisesti yhteenvedoksi kuin isojen vesilaitosten vedenlaatutiedot.* Tietojen kokoamisessa voidaan käyttää samaa mekanismia kuin on jo käytössä isoille vesilaitoksille.

Yksityiskaivojen vedenlaatua on tutkittu joitakin kertoja. Uusimmassa ja kattavimmassa, kaivovesien käytön yleisyydellä painotetussa GTK:n ns. tuhannen kaivon tutkimuksessa (Lahermo ym., 2002) on analysoitu kaivojen veden alkuainekoostumusta ja veden laatutekijöitä kaivotyypeittäin.

### 3.2. Välittömän myrkyllisyyden riskit

Juomavedessä olevien kemiallisten aineiden aiheuttama **välittömän myrkytyksen** riski on pieni. Aineita, joihin voisi liittyä tämä ongelma, on vähän. **Lipeän ylisyyttö** (vedenkäsittelykemikaalina) vahingossa pienillä vedenpumppaamoilla muodostaa yleisimmän riskin. Ainakin kaksi lipeän ylisyyttötapausta on tapahtunut. Jo pienikin määrä hyvin emäksistä, syövyttävää vettä aiheuttaa juotuna vakavan vaurion suussa ja ruokatorvessa. Tämä riski olisi estettävissä käyttämällä vesilaitoksilla lipeän (NaOH) sijasta vähemmän myrkyllisiä kemikaaleja.

Juomaveden **kupari** saattaa olla yksittäisissä talouksissa potentiaalinen ongelma. Jos vesijohtodot ovat kuparia ja veden pH alhainen (hapan, kuten pohjavesi usein on), veteen saattaa liueta kuparia (samalla putkea syövyttäen) pitoisuuksia, jotka aiheuttavat vatsavaivoja ja voivat mm. värjätä hiukset. Kupari on vahvasti emeettinen (oksettava) aine ja isoina pitoisuuksina (yli 4 mg/l) ärsyttää ruoansulatuskanavaa. EU:n raja-arvo juomaveden kuparille on 2 mg/l. Suomessa on mitattu vesijohtovedestä jopa 8 mg/l kuparia (tosin lämpimästä vedestä). Yli 1000 m<sup>3</sup> vettä toimittavien vesilaitosten vesissä ei ole todettu raja-arvon ylittäviä määriä kuparia (Zacheus 2004). Pohjavesissä sitä on keskimäärin alle 30 µg/l. Juomaveden kupari ei kuitenkaan edellytä toimenpiteitä kansallisessa kemikaaliohjelmassa.

Yksittäisissä kaivoissa on paikallisesti Suomessa hyvin korkeita pitoisuuksia arseenia (yli 1 mg/l), uraania (yli 1 mg/l), fluoridia (yli 2 mg/l) tai vesijohtoon saattaa sakkautua

alumiinia (yli 1 mg/l). Kerta-annos juomavedestä näitä aineita jää kuitenkin toksisen annoksen alapuolelle, välittömiä myrkytyksiä ei ole raportoitu. Myöskään juomavettä saastuttaneista kemikaaleista ei ole raportoitu akuutteja myrkytyksiä. Useat aineet on haistettavissa tai maistuvat vedessä korkeina pitoisuuksina ja sellaista vettä ei juoda.

Juomavesi ja vesijohtoverkosto on potentiaalinen tahallisen myrkyttämisen kohde, jolla voidaan tavoitella välitöntä terveyshaittaa, jopa tappoa. Suomessa on tiedossa yksi varma yritys, jossa metallisella elohopealla yritettiin myrkyttää pienehkön vesilaitoksen vesiallas. Yritys epäonnistui, koska metallinen elohopea ei liukene veteen. Myrkytykseen tarvitaan paljon kemikaalia, koska myrkky laimenee suureen määrään vettä. *Juomaveden myrkytysyritykset toistaiseksi ovat olleet harvinaisia, mutta asia on syytä huomioida uutena potentiaalisena riskinä erilaisissa valmiussuunnitelmissa ja sitä on syytä arvioida myös valmisteltavassa kansallisessa kemikaaliohjelmassa.* Vesijohtoverkon onnistunut tahallinen saastuttaminen bakteereilla tai viruksilla on todennäköisempää kuin kemikaaleja käyttäen.

### **3.3. Pitkäaikaiseen altistumiseen liittyvät riskit**

#### **3.3.1. Yleistä**

Kemiallisille aineille juomavedessä altistutaan jatkuvasti. Altistuminen saattaa kestää vuosia, vuosikymmeniä, jopa koko eliniän. Tällöin huomattavan pienillä pitoisuuksilla saattaa olla terveydellistä merkitystä. Väestötasolla eniten on tutkittu epäpuhtauksien aiheuttamaa syöpäriskiä, mutta ainekohtaisesti myös muita terveysvaikutuksia. Kokeellista tutkimusta epäpuhtauksien toksisuudesta on hyvin vaihtelevasti.

#### **3.3.2. Juomaveden desinfioinnin sivutuotteet**

Suomessa on tutkittu hyvin perusteellisesti **juomaveden kloorauksen** (kloorauksessa syntyvien sivutuotteiden) aiheuttamaa syöpäriskiä (Koivusalo 1998). Usea tutkimus on osoittanut, että klooratun juomaveden pitkäaikainen käyttö lisää hieman ihmisten syöpäriskiä (useita eri syöpätyyppejä, riskisuhteet 1.1 – 1.3). Syöpäriski kasvaa annosvasteisesti juomaveden mutageenisuuden lisääntyessä. Ongelma liittyy veteen, joka on valmistettu pintavedestä (järvi- ja jokivesi). Mutageeninen juomavesi sisältää kaikkiaan satoja eri epäpuhtauksia, pääryhminä trihalometaanit, klooratut etikkahappojohdokset ja klooratut furanonit. On arvioitu, että enimmillään juomaveden klooraus on aiheuttanut vuosittain 50 – 100 ylimääräistä syöpäkuolemaa Suomessa. Klooratun juomaveden kes-

kimääräinen mutesuuteisuus on pudonnut kolmasosaan, kun asia tuli tunnetuksi ja vesilaitoksilla asiaan on voitu reagoida (on siirrytty käyttämään raakavetenä pohjavettä, kloorauskäytännön muutokset). Terveysriskien voi olettaa vähenevän vastaavasti.

Jo useammassa väestötason tutkimuksessa USA:ssa on todettu klooratun juomaveden epäpuhtauksien olevan yhteydessä syntyvien lasten alentuneeseen painoon. Vaikutus on kuitenkin kertaluokkaa pienempi kuin esimerkiksi äidin tupakoinnin vaikutus. Juomaveden keskimääräisessä mutageenisuudessa Suomessa on ilmeisesti saavutettu taso, josta on vaikea päästä alemmaksi. Ongelma tunnetaan ja terveysriski voidaan minimoida teknisin ratkaisuin. Asialle ei voida tehdä juuri enempää eikä lisätoimenpiteitä ole tarpeen sisällyttää kansalliseen kemikaaliohjelmaan. Vaikka vedestä ei tiedetä tarkkaan, mitkä epäpuhtaudet terveysriskin aiheuttavat, riskin vähentämisen kannalta sillä ei ole ratkaisevaa merkitystä. Veden shokkikloorausta tarvitaan ajoittain vesijohtojen puhdistamiseksi epidemioiden yhteydessä, mutta siitä tiedotetaan veden käyttäjille. Vesijohtoverkko huuhdotaan shokkikloorauksen jälkeen ennen kuin annetaan lupa käyttää vettä uudelleen.

### 3.3.3. Vesijohtoverkostovedessä esiintyvät muut kemialliset epäpuhtaudet

Suomessa on todettu tapauksia, joissa vesijohtoverkostosta on todettu hyvin suuria pitoisuuksia **alumiinia** (yli 1 mg/l). Alumiini on peräisin raakavedestä, pohjavedestä. Alumiini on yleistä maaperässä, mutta liukenee pohjaveteen useimmista yhdisteistä huonosti. Veden pH:n lasku edistää liukenevuutta. Kaakkois-Suomen rapakivialueilla on todettu rengaskaivojen vesissä kohonneita alumiinipitoisuuksia (liukoisina alumiini-fluoridikomplekseina, Gustavsson ym., 2001). Suuria pitoisuuksia rengaskaivoissa on todettu myös pitkin Pohjanlahden rannikkoa (Lahermo ym., 2002). Porakaivoissa pitoisuudet jäävät pääosin alle 200 µg/l. Ns. tuhannen kaivon otoksessa rengaskaivojen mediaani oli 18.5 µg/l (korkein pitoisuus 13.5 mg/l) ja porakaivoissa 2.5 µg/l (korkein pitoisuus 2.75 mg/l, Lahermo ym., 2002). Rengaskaivovedessä 11 % alumiinipitoisuuksista ylitti pitoisuuden 200 µg/l. Rengaskaivojen veden pH on alhaisempaa ja siinä oleva humus suosii alumiinin sitoutumista. Ilmeisesti näistä syistä alumiinipitoisuudet ovat suurempia. Isojen vesilaitosten vesistä ei ole todettu merkittävästi ohjearvot ylittäviä pitoisuuksia ja alumiini niissä on ollut ilmeisesti peräisin vedenkäsittelykemikaaleista (Zacheus 2004). Alumiinia käytetään vedenkäsittelyssä koagulanttina. Pienten vesilaitosten veden alumiinipitoisuuksista ei ole koottua tietoa. Alumiini on vedessä osittain huonosti liukoisena fosfaattisakana. Myös liukoisen alumiinin pitoisuus vedessä on tällöin suuri.

Juomavedestä saadun **alumiinin terveysvaikutusta** ei tarkkaan tiedetä. Sen on ajateltu olevan vaaratonta, koska alumiiniyhdisteitä käytetään grammamäärin närästyslääkkeinä ja alumiinia saadaan runsaasti päivittäin ravinnosta. Kuitenkin useat väestötason tutkimukset ovat osoittaneet yhteyden pitkäaikaisen juomavedestä tapahtuneen alumiinialtistumisen ja vanhuusiän neurologisten sairauksien välillä (erityisesti Alzheimerin tauti). Vaikka syy-seurausyhteyttä ihmisillä ei ole todistettu, alumiini on neurotoksinen metalli ja sen neurotoksisuudesta suun kautta nautittuna on näyttöä mm. pikkulapsilla. Toistaiseksi tuntemattomasta syystä juomavedestä saatu alumiini näyttäisi olevan haitallisempaa kuin ravinnosta tai muuten saatava alumiini. Koska sama havainto koskee esimerkiksi arseenia, asialla saattaa olla jokin todellinen tausta.

Juomaveden alumiinille ei ole asetettu terveysperusteista enimmäispitoisuusohjearvoa, ainoastaan käyttökelpoisuuteen perustuva laatusuositus 200 µg/l (ns. osoitinmuuttuja). Alumiinia ei ole kuitenkaan kriittisesti arvioitu uusimman tiedon valossa. Juomaveteen liittyvän alumiiniongelman laajuutta Suomessa olisi kuitenkin syytä selvittää lisää (erityisesti pitoisuudet pienillä vesilaitoksilla) ja harkita toimenpiteet sen perusteella. Altistumista suurille alumiinipitoisuuksille juomavedessä on syytä välttää.

Suomessa on tiedostettu jo kauan **sinileviin** liittyvä terveysriski ja suomalaisista juomavesistä on mitattu myös sinilevätoksiinipitoisuuksia. Raakavesilähteen sinilevättilannetta osataan seurata ja tarvittaessa siihen reagoida. Sinilevätoksiineista vain osa voidaan tunnistaa ja yksittäisten toksiinien pitoisuus vedestä määrittää. Samoin vain muutaman toksiinin vaikutukset tunnetaan. Sinilevätoksiinit ovat pääasiassa maksa- tai hermo- myrkkijä. Raakavedessä on jo pitkään tiedetty olevan **mikrokystiinejä** (maksamyrkkyjä) sisältäviä sinileväkantoja. Aivan äskettäin järnvivesistä on todettu myös **saksitoksiinia** sisältäviä leviä (Rapala ym. 2005). Saksitoksiini on voimakas hermomyrkkyy. Mikrokystiini-LR toimii myös tuumoripromootorina. WHO (WHO 2004) on asettanut tois- taiseksi ainoastaan mikrokystiini-LR:lle enimmäispitoisuusohjearvon juomavedessä (1 µg/l, suositusohjearvo). Sinilevätoksiineja ei yleensä ole ollut todettavia pitoisuuksia loppukäyttövedessä vaikka raakavedessä olisi leväkukintaa ja leväsoluissa toksiineja. Toksiinit laimenevat suureen määrään vettä solujen hajotessa ja vedenkäsittelyprosessit tuhoavat tehokkaasti toksiineja vesilaitoksella. Levämyrkyt eivät näytä kertyvän myöskään kalan syötäviin osiin. Tosin tutkimustuloksia on vielä vähän. Toimenpiteitä, jotka vähentävät sinilevien esiintymistä ja kasvua vesistöissä on edelleen syytä tehostaa.

Vesijohtoverkostossa käytetään nykyään yhä enemmän **muoviputkia**. Niistä irtoaa pie- niä määriä rakennekomponentteja (stabiloivia aineita, mm. fenolisia antioksidantteja), varsinkin verkoston käyttöönoton alussa. Epäpuhtauksien pitoisuudet ovat hyvin pieniä,

koska ne laimenevat isoon määrään ohivirtaavaa vettä. Irtoavat komponentit ja niiden hajoamistuotteet ovat vasta tunnistusasteella eikä niiden terveydellistä merkitystä voida vielä arvioida. On todennäköistä, että muovimateriaaleilla on tärkeämpi merkitys veden laatuun uutena erilaisena biofilmin kasvualustana kuin kemiallisten epäpuhtauksien lähteenä. Molempia asioita tutkitaan, myös Suomessa. Koska irtoavien aineiden pitoisuudet ovat pieniä ja aineet eivät ole toksikologisesti hälyttäviä, aihepiiri ei edellytä erityistointenpiteitä kemikaaliohjelmassa.

Puhdistetunkin jäteveden tiedetään sisältävän **lääkeainejäämiä**, jotka leviävät puhdistamon alapuolisiin pintavesiin ja ovat vaarana päätyä juomaveteen. Lääkeaineet tuhoutuvat vedenkäsittelyprosesseissa vesilaitoksilla hyvin eri tavoin. Aineet eivät välttämättä poistu karkeassa käsittelyssä (suodatus, saostus jne.), mutta klooraus-, otsonointi tai muu hapettava käsittely tuhoavat useita niistä tehokkaasti. Tutkimusta on tehty toistaiseksi vähän. Jäljelle jää tavallisesti muutaman ng/l-pitoisuuksia veteen. Useimmat lääkeaineet ovat näin pieninä pitoisuuksina tehottomia eikä jäämillä todennäköisesti ole mitään farmakologisia vaikutuksia. *Suomessa lääkeainejäämiä vesilaitosten vesistä ei ole kartoitettu. Se ehkä olisi syytä kertaalleen tehdä, koska Suomessa on pitkä kylmä kausi ja bakteeritoiminta kylmässä raakavedessä on erilaista.* Muualla saadut tulokset eivät välttämättä ole suoraan yleistettävissä. Jos vettä ei desinfioida, jäämiä pääsee loppukäyttäjälle saakka.

#### 3.3.4. Kaivoveteen liittyvät ongelma-aineet

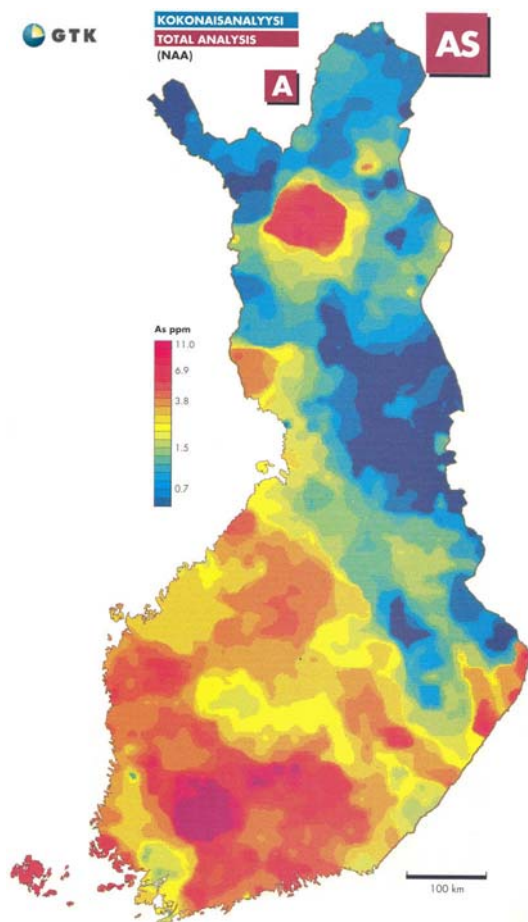
Suomen omaleimainen kallioperä aiheuttaa paikallisia ongelmia pohjaveden laatuun. Se tulee esille erityisesti porakaivoissa. Paikoitellen porakaivovedessä on hyvin suuria, talousveden terveysperusteiset raja-arvot reilusti ylittäviä pitoisuuksia arseenia ja uraania. Erityisesti Kymenlaaksossa kaivovesissä, mutta myös esim. Kouvolan vesilaitoksen vedessä on myös raja-arvon ylittäviä pitoisuuksia fluoridia. Näistä kaikista aineista on jo myös suomalaista tutkimustietoa. Sitä ei ole vielä loppuun saakka hyödynnetty ohjeistuksena porakaivojen käyttäjille.

Juomaveden **arsenin** aiheuttamasta terveysriskistä on kaikkiaan runsaasti tutkimustietoa, koska kyseessä on maailmanlaajuinen ongelma. Kriittisimpänä haittavaikutuksena pidetään syöpää. Suomessa tehdyt väestötason tutkimukset osoittavat, että porakaivoveden arseenialtistus on yhteydessä klastogeenisiin muutoksiin (sisarkromatidivaihdoksia veren lymfosyyteissä) ja hieman kohonneeseen virtsarakonsyöpärisktiin (Kurtio, 1999). Yhteys virtsarakon syöpään on havaittavissa jo pitoisuuksissa, jotka ovat alle nykyisen

arseenin terveysperusteisen enimmäispitoisuusarvon (10 µg/l). Tulokset ovat sopusoinnussa muualla tehtyjen havaintojen kanssa. Arseenista aiheutuva terveysriski tunnetaan hyvin. Suomessa tarvitaan ensi sijassa ohjeistusta arseenipitoisen kaivoveden käytöstä. Jatkuva raja-arvot ylittävän arseenipitoisen veden käyttö juomavetenä pitäisi minimoida. Tämä edellyttää valtakunnallista ohjeistusta porakaivoista, jossa suositellaan veden arseenipitoisuuden analysointia ennen kaivon käyttöönottoa nimetyillä alueilla Suomessa. Suosittelemme tällaisen kaivo-ohjeistuksen laatimista ja toteuttamista osana kansallista kemikaaliohjelmaa.

On huomattava, että arseeniongelma on kaivokohtainen. Jo lähietäisyydellä olevissa kaivoissa voi olla huomattava ero veden arseenipitoisuudessa. Kuvassa 3.1 on esitetty maaperän arseenipitoisuus Suomessa. Pitoisuudet ovat erityisen suuria Tampereen seudulla ja Keski-Lapissa Kittilässä, mutta laajalti koholla Etelä- ja Länsi-Suomessa. Erityisesti näillä alueilla saattaa porakaivossa olla epätavallisen paljon arseenia.

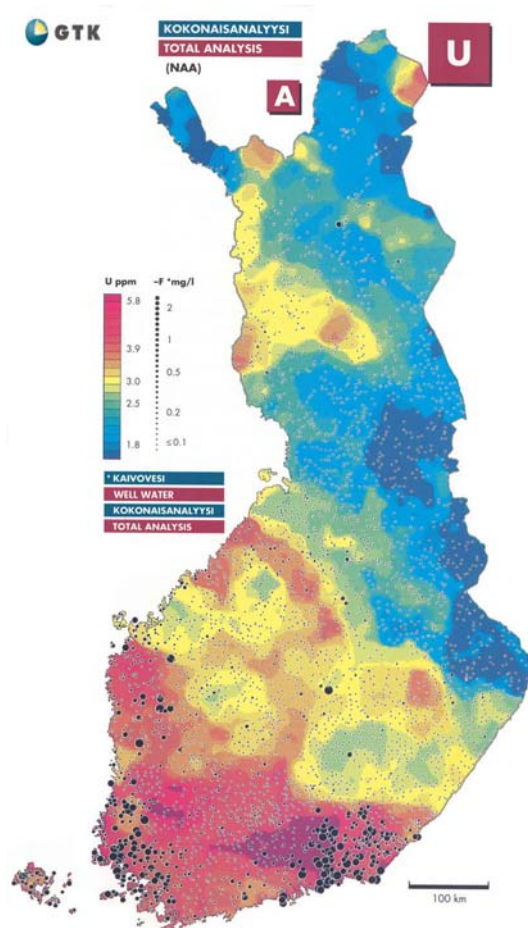




Kuva 3.1. Maaperän arseenipitoisuus Suomessa. Maaperän arseenipitoisuus kasvaa sinisestä väristä punaiseen (Geologian tutkimuskeskus, 1992)

Kaivovedessä olevan **luonnon uraanin** kemiallisen toksisuuden aiheuttama riski on nostettu esille kansainvälisestäkin vasta äskettäin ja Suomi on ollut Kanadan kanssa kärkimaa asiaa selvittämässä. Yksittäisissä kaivoissa Suomessa on hyvin suuria uraanipitoisuuksia (yli 1 mg/l) ja taso yli 100 µg/l on tavallista alueilla, joiden kallioperässä on uraania (Kuva 3.2). Uraanin enimmäispitoisuusraja-arvo talousveden uraanille Suomessa on 100 µg/l perustuen vielä uraanin radioaktiivisuuteen. WHO arvioi uraanin äskettäin uudelleen, kemiallisen toksisuuden perusteella ja uraanin uusi suositusenimmäispitoisuusohjearvo on 15 µg/l (WHO 2004). Luonnon uraanin isotoopit ovat matala-aktiivisia ja niiden aiheuttamaa säteilyriskiä pidetään toissijaisena. Uusimmat tutkimustulokset tosin viittaavat mahdollisuuteen, että luonnon uraani saattaa aiheuttaa ns. genomista

epävakautta myös säteilyn muodossa. Luonnon uraanin pahin tunnettu haitta on munuaistoksisuus ja sen terveysriskiä arvioidaan nykyään tällä perusteella. Munuaisiin kohdistuva vaikutus on todettu uraanipitoisen porakaivoveden käyttäjillä myös Suomessa (mm. lisääntynyt kalsiumin ja fosfaatin eritysvirtsaan, Kurttio ym., 2002).



Kuva 3.2. Maakaivojen, porakaivojen ja lähteiden uraanipitoisuus Suomessa. Pitoisuudet ovat korkeimpia Etelä- ja Lounais-Suomessa, punaisena merkityillä alueilla (Geologian tutkimuskeskus, 1992).

Havaintojen todellista kliinistä merkitystä ei vielä tiedetä ja lisätutkimus Suomessakin on menossa. Juomaveden uraanilla saattaa olla myös muita terveysvaikutuksia. Yhteys on jo havaittu kohonneeseen verenpaineeseen. Uraani hakeutuu luuhun ja ilmeisesti vaikuttaa myös luun muodostukseen ja hajoamiseen. Luonnon uraanin karsinogeeni-

suutta ei tunneta. *Jo nykytiedon perusteella on syytä estää uraania runsaasti sisältävän veden käyttö juomavetenä ja suosittelemme uraanin sisällyttämistä porakaivoja koskevaan ohjeistukseen kansallisen kemikaaliohjelman puitteissa.* Juomaveden uraaniongelma on paljastumassa mm. EU:n alueella laajemmaksi kuin on tiedetty, vaikka vain osassa maista pitoisuuksia on mitattu. Juomaveden uraani on ollut esillä EU:n juomavesidirektiivinpäivityksen yhteydessä. Suomessa selkeä raja-arvo olisi hyvin perusteltu. Luonnon uraanin karsinogeenisuutta ei ole kunnolla tutkittu kokeellisesti ja se olisi perusteltua esimerkiksi EU:n rahoittamana hankkeena. Myös sen luustovaikutukset kaipaavat lisää kokeellista tutkimusta.

Porakaivoihin liittyy myös paikallisia **radonongelmia** Suomessa. Juomavedessä on yli suositusohjearvon radonkaasua ja siihen liittyy syöpäriski (arviolta 16-20 syöpää vuodessa, Mäkeläinen 2001). *Koska radonin haittavaikutukset perustuvat säteilyyn ja säteily on rajattu tämän selvityksen ulkopuolelle, on syytä ainoastaan todeta, että myös radon tulisi sisällyttää porakaivoja koskevaan ohjeistukseen analyysisuosituksin uutta kaivoa perustettaessa.*

**Kaivovesien suuret fluoridipitoisuudet** esimerkiksi Kymenlaaksossa on tunnettu jo pitkään. Fluoridin enimmäispitoisuusraja-arvo on 1.5 mg/l. Suomessa ei ole asetettu rajoituksia kaivoveden fluoridipitoisen veden käytölle, mutta paikallisesti mm. Kymenlaaksossa on suositeltu muun veden käyttöä raskauden aikana ja pienille lapsille. Juomaveden fluoridin hyödyllisen ja haitallisen pitoisuuden marginaali on kapea, ilmeisesti edut ja haitat menevät osittain päällekkäin. Fluoridi suojaa hampaita karieseltä ja sillä saattaa olla edullisia vaikutuksia myös sydämeen (alentaa infarktiriskiä). Hakeutuessaan luuhun fluoridi heikentää sen mekaanista kestävyyttä (kovettaa) ja edistää luun murtumista. Tutkimustulokset fluoridin yhteydestä luunmurtumiin ovat ristiriitaisia. Suomessa tehty laajahko tutkimus kaivoveden käyttäjien keskuudessa on osoittanut, että fluoridialtistus on yhteydessä naisten lisääntyneeseen lonkkamurtumarisktiin ikäryhmässä 50-64 v. (Kurttio ym., 1999). Miehillä tätä riskiä ei ole havaittu. Fluoridin aiheuttama hampaiden kiillelaikkaisuus on tunnettu haitta. Useissa muissa maissa juomaveden liian suuri fluoridipitoisuus on todellinen ongelma. *Jos kaivovedestä päädytään antamaan suosituksia, siinä yhteydessä olisi harkittava myös, onko tarpeen pyrkiä rajoittamaan tiukemmin hyvin fluoridipitoisen kaivoveden käyttöä juomavetenä.*

Suomalaisten kaivovesien laatu on kohtalaisen hyvin kartoitettu, eikä tiedossa ole muita aineita, joista voisi epäillä aiheutuvan merkittävää laajamittaista kemiallista terveysriskiä. Yksittäisistä porakaivoista on rannikkoalueilla mitattu mm. hyvin suuria pitoisuuksia **strontiumia** (useita milligrammoja/l). Strontium hakeutuu luuhun ja suojaa pieninä

pitoisuuksina hampaita kuten fluoridi, mutta aiheuttaa myös isoina pitoisuuksina kiillelaikkuisuutta. Strontiumin ja fluoridin yhteisvaikutusta luuhun ei tunneta.

Juomavedessä on kymmeniä alkuaineita, joiden pitoisuus vaihtelee juomavesilähdekoh-  
taisesti (kalsium, magnesium jne.). Esimerkiksi kalsiumia ja magnesiumia tarvitaan op-  
timimäärä, tislattun veden jatkuvaa käyttöä juomavetenä pidetään epäterveellisenä. Vä-  
estötutkimuksissa on todettu tilastollisesti merkitsevä yhteys juomaveden kovuuden ja  
sydäninfarktirisikin välillä (mitä kovempaa vettä, so. enemmän kalsiumkarbonaattia, sitä  
pienempi riski). Kriittistä kemiallista komponenttia vedestä ei kuitenkaan tiedetä ja syy-  
seuraussuhde on osoittamatta. Suomen pohjavedet ovat tyypillisesti hyvin pehmeitä.

Vesissä esiintyy tavallisimmin ohjearvot ylittävinä pitoisuuksina **rautaa** ja **mangaania**,  
mutta juomaveden rautaan ja mangaaniin ei ole toistaiseksi yhdistetty selkeästi terveys-  
riskejä. Myös talousveden nitraatti-pitoisuudet jäävät pääosin voimassa olevien terveys-  
perusteisten raja-arvojen alapuolelle. Kaivoveden **nitraattipitoisuutta** voidaan pitää  
yhtenä veden yleisen laadun mittarina. Koholla olevat pitoisuudet kuvastavat pintavesi-  
en pääsyä kaivoon. Juomaveden nitraatin terveysriskejä ovat vastasyntyneiden lasten  
methemoglobinemia (ns. blue baby-syndrooma) ja syntyvien karsinogeenisten N-  
nitrosoyhdisteiden mahdollinen syöpäriski (mahasyöpä). Toistaiseksi yhteyttä ma-  
hasyöpään ei ole voitu luotettavasti osoittaa. On myös arveltu, että methemoglobinemi-  
an syntyyn tarvitaan myös muita tekijöitä, esimerkiksi samanaikainen tulehdus ruoansu-  
latuskanavassa. Nykyisen tietämyksen valossa nämä aineet eivät aiheuta toimenpiteitä  
kemikaaliohjelman puitteissa.

### 3.3.5. Pilaantuneesta maasta juomaveteen pääsevät kemikaalit

Pilaantuneesta maasta saattaa päästä kemikaalia pohjaveteen pilaten läheisyydessä ole-  
via kaivoja. Pohjaveden mukana kemikaali saattaa kulkeutua pitkällekin. Tällaisia on-  
gelmamaita ovat erityisesti entiset sahanpohjat, teollisuusalueet, huoltoasemat, ampu-  
maradat ja kaatopaikat. Kemikaalin pääsy pohjaveteen on aine- ja maaperäkohtainen.  
Monet aineet sitoutuvat tiukasti maa-ainekseen, savikerrokset voivat estää pääsyn poh-  
javeteen jne. Siten ongelma on paikkakohtainen ja sellaisena arvioitava. Suomessa on  
arvioitu olevan n. 20 000 saastunutta maa-aluetta, joten potentiaalisia ongelmapaikkoja  
on paljon. Myös kemikaaleja, jotka voivat tulla tässä yhteydessä kyseeseen, on useita.  
Suomessa on analysoitu pohjavedestä mm. lyijyä (ampumaradan pohja), tri- ja tetra-  
kloorietyleeniä (pesula), polttoaineen komponentteja (huoltoasemat) ja kloorifenoleita  
(sahanpohja). Ongelma on usein paljastunut vasta veden hajusta tai mausta.

Useilla pohjavettä käyttävillä paikkakunnilla Suomessa on esiintynyt joko **kloorifenoleita** tai **tri- ja tetrakloorieteeniä** epäpuhtautena. Yhdisteet ovat joutuneet maaperään huolimattoman käsittelyn takia tai laillisesti maahan tynnyreissä upotettuna. Tynnyreiden kestävyys ei ole kymmeniä vuosia ja molemmat yhdisteryhmät ovat vesiliukoisia (tri- ja tetrakloorieteenin vesiliukoisuus on huono ja ne menevät painavina pohjavesiesiintymän pohjalle, josta niistä liukenee pitkän ajan kuluessa pieniä pitoisuuksia veteen). Näille yhdisteille on olemassa raja-arvot, mutta niiden esiintyvyyttä ei seurata säännöllisesti. Kärkölässä sahalta vuosikymmenien aikana pohjaveteen päässeiden kloorifenolien (suurimmat pitoisuudet 70-140 µg/l) epäillään aiheuttaneen oireita ihmisille ja lisänneen hieman syöpäriskiä. Nämä yhteydet on todettu väestötason tutkimuksissa (Lampi 1996).

**Metyyli-tertiääri-butyylieetteri (MTBE)**, bensiinin lisäaine, läpäisee helposti maakeroksia ja on pohjavedessä hyvin pysyvä. Se ei ensisijassa muodosta terveysriskiä, vaan pilaaa pohjaveden. Aineen haju- ja makukynnys ovat alhaisia, eikä pilaantunutta vettä voi juoda. Tämä suojaa altistumiselta suurille pitoisuuksille. MTBE on riski polttoaineen jakeluasemilla, jossa tankkauksen ylivuotojen ja muiden vuotojen seurauksena ainetta pääsee maaperään.

**Saastuneisiin maihin liittyvien kemikaalien** aiheuttama terveysriski juomaveden välityksellä on ongelmana hahmottomaton (sekä laajuus että todellisten terveysriskien suuruus) ja vaikeasti selvitettävä. Asiassa on lisäksi useita toimivaltaisia viranomaisia. Oleellista olisi tunnistaa riskivesilähteet, selvittää niiden käyttö, analysoida tarvittaessa vedestä aineet, joita sinne epäillään joutuvan ja päättää vesilähteen käytöstä tapauskohtaisesti. Asia koskee potentiaalisesti ainoastaan ihmisiä, joiden vesilähde sijaitsee riskialueen vieressä tai välittömässä läheisyydessä. Jo nyt potentiaaliset pohjavettä pilaavat riskit on pyrittävä kartoittamaan alueellisilla/paikallisilla pohjaveden suojelusuunnitelmissa. Suojelusuunnitelmiin liittyy alueen riskinarviointi sekä pohjaveden tarkkailusuositus. Vaikka todetut epäpuhtauksien pitoisuudet vedessä ovat useimmiten olleet pieniä, potentiaalia todellisiin paikallisiin ongelmiin on. *Kansallisen kemikaaliohjelman puitteissa on syytä tarkistaa ja arvioida, ovatko nykyiset toimenpiteet pohjavesien saastumisen toteutukseksi kemikaaleilla riittäviä ja viranomaisten yhteistyö ongelman hoitamiseksi toimiva.* Ongelmien arviointi ja hoitaminen edellyttävät useiden tahojen tiivistä yhteistyötä.

**Teiden suolaus** pohjavesialueilla saattaa nostaa pohjaveden kloridipitoisuutta ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)). Tiesuolan käyttö (tonneja vuodessa) Suomessa on pysynyt suhteellisen vakiona koko 1990-luvun ja 2000-luvun alun. Vaikutus veden laatuun on hyvin

pitkääikaista. Suolan käytön lopettaminen näkyy veden laadussa vasta vuosien kuluttua. Kohonneella veden kloridipitoisuudella ei ole suoraa terveysvaikutusta, mutta se lisää pahimmillaan pohjaveden syövyttävyyttä. Syövyttävä vesi edistää puolestaan metallien (kupari, rauta, sinkki) liukenemista putkistosta veteen. Teiden suolaamiseen liittyvä perusongelma kuitenkin tunnetaan ja vaihtoehtoisia liukkaudentorjuntamenetelmiä selvitetään. Asia ei edellytä lisätoimenpiteitä kemikaaliohjelmassa. Oleellista kuitenkin on, että vaihtoehtona käytettävien aineiden käyttäytyminen maaperässä ja kulkeutuminen pohjaveteen tiedetään ennen niiden laajamittaista käyttöä.

Pohjavesinäytteistä on löydetty viime vuosina vesilaitosten raakavesiseurannassa, ehkä yllättäen, myös **torjunta-aineita** Suomessa. SYKE:n tekemän selvityksen mukaan Salpausselän alueella (Ensimmäinen Salpausselkä), joka on yksi tärkeimmistä pohjavesialueista Suomessa, torjunta-aineita tai niiden hajoamistuotteita on todettu 44/107 havaintopisteessä (43 pohjavesialueella, [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)). Kolmessatoista kohteessa (12 %) torjunta-aineiden pitoisuus ylitti talousvedelle asetetun enimmäispitoisuusraja-arvon (0.1 µg/l yksittäiselle aineelle, 0.5 µg/l yhteensä). Vedestä on löytynyt jo yli 10 vuotta sitten markkinoilta poistuneita aineita (mm. atratsiinia). Aineiden alkuperää ei vielä tiedetä. Niitä käytetään maa- ja metsätaloudessa, puutarhoissa, taimitarhoilla ja kotitalouksissa rikkakasvien, sienitautien ja tuhoeläinten torjuntaan. Vaikka pitoisuudet pohjavedessä ovat olleet pieniä ja ne edelleen useimmiten laimenevat vesilaitoksilla verkostoon jaettavaan veteen (vesijohtoverkostosta aineita todettu harvoin suurilla vesilaitoksilla, Zacheus 2004), havainto osoittaa pohjaveden haavoittuvuutta. On mahdollista, että yksittäiset kaivot saattavat saastua torjunta-aineilla ja jos vettä käytetään niistä laimentamatta, vedenkäyttäjät altistuvat merkittävästi näille aineille. SYKE:n meneillään oleva tutkimus valmistuu v. 2006. Torjunta-aineiden kulkeutuminen pohjaveteen Suomen olosuhteissa on yllättävää ja torjunta-aineet on syytä tiedostaa pohjavettä paikallisesti saastuttavina kemikaaleina. *Kansalliseen kemikaaliohjelmaan olisi syytä harkita pohjavesiin liittyvän torjunta-aineongelman yleisyyden valtakunnallista selvittämistä.* Riskialueet ja vesilähteet on tunnistettavissa (alueella tai sen välittömässä läheisyydessä säännöllinen torjunta-aineiden käyttö).

Pohjavesi saattaa saastua paikallisesti onnettomuuksien yhteydessä (kaatuva/vuotava kemikaalirekka, junan vaunu, teollisuuspäästö), mutta tilanne ja kemikaali(t) tällöin tiedetään. Tilanne on hoidettavissa normaalina palo/pelastustoimen tehtävänä eikä edellytä toimenpiteitä valmisteilla olevassa kemikaaliohjelmassa. Mahdollinen tilanteeseen liittyvä terveysriskin arvioinnin asiantuntija-apu on suunniteltu osaksi valmisteilla olevan vakavien kemiallisten uhkien asiantuntijaverkoston toimintaa (entinen C-

laboratoriojärjestelmä). Vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskuksen toimintaa olisi syytä vahvistaa kansallisen kemikaaliohjelman puitteissa, koska se on keskeinen asiantuntijaverkko jatkossa arvioimaan myös juomaveteen liittyviä kemiallisia riskejä.

### 3.4. Uimaveteen liittyvä kemikaalialtistus

Kemikaalialtistus uimaveden välityksellä on terveysriskien kannalta huomattavasti vähäisempää kuin juomavedessä. Polaariset kemikaalit pääsevät ihon läpi elimistöön huonosti, altistumisajat ovat lyhyitä ja pääasiassa satunnaisia. Luonnon vesissä mahdolliset ihoon kohdistuvat paikalliset vaikutukset ovat ensisijainen haitta. Sinilevien on todettu aiheuttaneen ihoärsytystä, jos uidaan vedessä, jossa on runsaasti sinileväkasvua. Ihoa ärsyttävää komponenttia ei tiedetä. Pienet lapset nielevät uidesaan vettä, mutta altistuminen sinilevätoksiineille jää vähäiseksi, koska niiden pitoisuudet vedessä ovat useimmiten pieniä. Koska julkisia uimarantoja valvotaan ja levistä leväongelman aikana varoitetaan ja leväongelmasta on julkisuudessa hyvin varoitettu ja valistettu, näille asioille ei voida tehdä enempää uudessa kemikaaliohjelmassa. Sinilevien kasvun ehkäiseminen ja vähentäminen vesissä sinänsä on oltava jatkuvan ponnistelun kohteena.

Sen sijaan, uimahallien allasvesissä altistutaan pahimmillaan huomattavasti **kloroformille** (vähäisemmässä määrin muille trihalometaaneille). Veteen syntyy veden desinfioinnin yhteydessä kloorattuja sivutuotteita samalla tavalla kuin juomaveteen, jos siinä on kloorattaessa orgaanista ainesta. Trihalometaanien pitoisuus vedessä riippuu mm. veden orgaanisen aineksen määrästä (pääasiassa peräisin uimareista), uimarien määrästä, veden lämpötilasta ja raakavesilähteestä.

Suomessa valvotaan julkisten uimahallien ja kylpylöiden uimaveden laatua (Asetus 315/2002) ja siihen liittyy säännölliset valvontatutkimukset veden laadusta. Sisätilojen allasvedessä saa olla enintään 50 µg/l trihalometaaneja kloroformina. Pitoisuus tulee määrittää vähintään kerran vuodessa. Allasveden laadun on ollut täytettävä asetuksen vaatimukset vuoden 2004 alusta lähtien. Valvontatiedot kertyvät kuntiin, eikä niistä ole vielä yhteenvetoja, mutta STM:n viranomaisten saamien valvontahajatiетоjen perusteella kloroformin pitoisuudet yleensä ovat jääneet alle laatuvaatimusrajan 50 µg/l (suurin tiedossa oleva pitoisuus 120 µg/l). Klooratun juomaveden trihalometaanipitoisuudet (pääasiassa kloroformia) Suomessa ovat nykyisellään enimmillään tasoa 10-30 µg/l (Nissinen, 2002), joten uimahallien allasvedessä maksimipitoisuudet ovat huomattavasti tätä korkeampia.

Kloroformille altistutaan klooratusta vedestä aina sitä käytettäessä. On arvioitu, että 30 minuutin ammekylpy, 2 litran juominen ja 10 minuutin yhtäjaksoinen suihku tuottavat

saman kloroformiannoksen elimistöön. Uimarit saavat elimistöönsä kloroformia erityisesti ihon lävitse imeytyen (noin 80 % annoksesta) mutta myös hengittämällä. Säännöllinen pitkäkestoinen uinti (esimerkiksi kilpauimarien kova harjoittelu, useita kertoja päivässä) tuottaa 10-100 kertaa suuremman kloroformiannoksen/päivä kuin mitä saadaan juomavedestä tai suihkusta.

Tämän uimahalleissa tapahtuvan kloroformialtistuksen mahdollista terveydellistä merkitystä ei tiedetä. Elimistön altistuminen on erilaista kuin juomavedestä, koska ihon kautta ja hengitetty kloroformi jakaantuu elimistöön ennen joutumista maksaan metaboloitavaksi. Kloroformia ei pidetä juomavedessä ensisijaisena karsinogeenina (vaikka sitä on käytetty pääasiallisena kloorattujen epäpuhtauksien altistumisen indikaattorina), koska se on korkeintaan heikosti mutageenista, mutta sen todellista roolia ei vielä tiedetä. Allasvesi on desinfioitava, jotta mikrobiologiset riskit vältetään, mutta kloroformin muodostuminen olisi syytä minimoida puhdistamalla kierrätettävä vesi orgaanisesta aineksesta hyvin ennen kloorausta. Säännöllistä raja-arvon ylitystä tulisi välttää, koska jo raja-arvopitoisuuksilla altistuminen on merkittävää. *Kokonaistilanteen kartoittamiseksi Suomessa uimahallien kloroformia koskevat valvontatiedot olisi hyvä koota säännöllisesti yhteen ja havainnoista riippuen harkita nykyisten ohjeiden ja toimenpiteiden riittävyyttä.*

### **3.5. Suositukset kansalliseen kemikaaliohjelmaan**

Suomalainen talousvesi on laadultaan keskimäärin hyvää ja siihen liittyy vähän tiedossa olevia kemiallisia ongelmia. Vettä on myös riittävästi. Sen laatua on tutkittu monipuolisesti ja kohtalaisen kattavasti. Kemiallisten aineiden aiheuttamat ongelmat ovat pääosin paikallisia ja koskevat pientä väestöryhmää kerrallaan. On kuitenkin nähtävissä, että lisätyö on tarpeen erityisesti joidenkin ongelmien laajuuden selvittämisessä. Jo saatu uusi tutkimustieto ja kerätty vedenlaadun valvontatieto tulisi myös hyödyntää tehokkaammin terveysvalvonnan osaksi suojelemaan kansalaisten terveyttä. Ohessa on yhteenveto talousveteen liittyvistä suosituksista ympäristöterveyden näkökulmasta. Niitä tulisi harkita kansallisen kemikaaliohjelman laatimisen yhteydessä. Suosituksista tärkeimpinä voidaan pitää yksityisten porakaivojen veden laadun valvontaa ja sen käyttöön liittyviä suosituksia riskialueilla, torjunta-ainepäästöjen yleisyyden selvittämistä pohjavesissä ja saastuneisiin maihin liittyvät pohjavesiriskit.

### **3.6. Yhteenveto talous- ja uimavettä koskevista suosituksista**

*Yksityisten porakaivojen veden käyttö tulisi ohjeistaa valtakunnallisesti, koskemaan alueita, joissa on pohjavedessä runsaasti arseenia, luonnon uraania, radonia tai fluoridia.*



*Vesilaitoksissa, joissa vielä käytetään vedenkäsittelykemikaalina lipeää (NaOH), tulisi siirtyä käyttämään vähemmän myrkyllisiä kemikaaleja myrkytysonnettomuusriskin välttämiseksi.*

*Pienten vesilaitosten vedenlaadun valvontatiedot tulisi koota säännöllisesti yhteen valtakunnallisesti, kuten kootaan isojen vesilaitosten valvontatiedot, yleiseksi informaatioksi vedenlaadusta kaikkien käyttöön.*

*Juomaveden alumiinipitoisuudet tulisi koota erityisesti pieniltä vesilaitoksilta ja tarvittaessa arvioida mahdolliset terveysvaikutukset.*

*Lääkeainejäämiä vesilaitosten jakamassa vedessä Suomessa ei ole kartoitettu. Se olisi syytä kertaalleen tehdä, koska pohjoiset ympäristöolot ja pitkä kylmän veden kausi saattavat suosia lääkeainejäämien säilyvyyttä raakavedessä.*

*Uimahallien vedenlaadun valvontatiedot tulisi koota säännöllisesti yhteen ja havainnoista riippuen harkita nykyisten ohjeiden ja toimenpiteiden riittävyyttä. Erityisenä seurannan kohteena tulisi olla veden trihalometaanipitoisuudet (kloroformi).*

*Pohjavesiin liittyvän torjunta-aineongelman laajuus tulisi selvittää valtakunnallisesti.*

*Pilaantuneista maista pohjaveteen pääsevien kemiallisten aineiden aiheuttama terveysriski ja sen ennaltaehkäisy tulisi arvioida kokonaisuutena; ongelman laajuus, riskin ennaltaehkäisy ja varhainen havaitseminen, vedenlaadun seurannan sekä nykyisten hallinnollisten toimien riittävyys ja yhteistyö.*

*Luonnon uraani näyttää olevan väestötasolla yhteydessä useisiin terveyshaittoihin ja sen kemialliset ominaisuudet herättävät epäilyn vielä toteamattomista vaikutuksista. Luonnon uraanin toksisuudesta tarvitaan lisää kokeellista tutkimusta terveysriskin ymmärtämiseksi ja arvioimiseksi (mm. karsinogeenisuus, vaikutus luuhun). Kysymyksessä on EU:n laajuinen ongelma.*

*Juomaveden tahallinen myrkyttäminen vesijohtoverkostossa on syytä huomioida uutena potentiaalisena riskinä erilaisissa valmiussuunnitelmissa ja arvioida siihen liittyvät riskit ja tarvittavat toimenpiteet.*

*Perusteilla olevan valtakunnallisen Vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskuksen (pääasiassa asiantuntijalaitosten toimintaverkko) toimintakenttään kuuluu myös kemikaalien aiheuttama terveysriski juomaveden välityksellä, erityisesti onnettomuustilanteissa. Osaamiskeskuksen toimintaan tarvitaan asiantuntijalaitoksiin lisäresursointia, mikä olisi tarpeen huomioida Kansallisessa kemikaaliohjelmassa.*

## Kirjallisuutta

- 461/2000      Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista
- 119/2001      Vesihuoltolaki
- 401/2001      Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista
- 315/2002      Sosiaali- ja terveysministeriön asetus uimahallien ja kylpylöiden allas-vesien laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista
- 98/83/EY      Neuvoston direktiivi ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta

Geologian tutkimuskeskus. Suomen Geokemian Atlas, osa 2: Moreeni 1992, 218 s.

Gustavsson N, Kahelin H, Kurtio P, Salonen L. Alkuainepitoisuudet ja radioaktiivisuus suomalaisissa porakaivovesissä. *Vesitalous* 2001;1:32-39.

Koivusalo MT. Drinking water mutagenicity and cancer [Dissertation]. Kansanterveyslaitos, 1998. Publications of the National Public Health Institute A8/1998, 64 s.

Kurtio P. Arsenic and fluoride in well waters - exposure and health effects [Dissertation]. Kansanterveyslaitos, 1999. Publications of the National Public Health Institute A12/1999, 76 s.

Kurtio P, Auvinen A, Salonen L, Saha H, Pekkanen J, Mäkeläinen I, Väisänen SB, Penttilä IM, Komulainen H. Renal effects of uranium in drinking water. *Environ Health Perspect* 2002;110:337-342.

Lahermo P, Tarvainen T, Hatakka T, Backman B, Juntunen R, Kortelainen N, Lakomaa T, Nikkarinen M, Vesterbacka P, Väisänen U, Suomela P. Tuhat kaivoa - Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus 2002, tutkimusraportti 155 s.

Lampi P. Population health after long-term chlorophenol exposure [Dissertation]. Publications of the National Public Health Institute A1/1996.

Mäkeläinen I. Talousveden radioaktiivisuus Suomessa. *Ympäristö ja Terveys-lehti* 2001;4:24-27.

Nissinen T. The effect of ozonation on the chemical quality of drinking water [Dissertation]. Kansanterveyslaitos, 2002. Publications of the National Public Health Institute A7/2002, 70 s.

Rapala J, Robertson A, Negri AP, Berg KA, Tuomi P, Lyra C, Erkomaa K, Lahti K, Hoppu K, Lepistö L. First report of saxitoxin and possible associated human health effects in lakes of Finland. *Environmental Toxicology* 2005, in press.

WHO 2004. Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, Volume 1, Recommendations.

Zacheus O. Suurten vesilaitosten toimittaman talousveden valvonta ja laatu vuonna 2002. ([www.sttv.fi](http://www.sttv.fi))

## 4 RAVINTO

**Jouko Tuomisto**

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

### 4.1. Johdanto

Ravinnon riskien hallinta kuuluu kaikkien elävien organismien keskeisiin selviytymis-strategioihin jo yksisoluisista organismeista alkaen. Tämä johtuu siitä, että monet maa-perän ja veden aineet ovat elämälle haitallisia (esim. elohopea haittaa monien valkuais-aineiden toimintaa tärkeisiin rikkiryhmiin sitoutumisen takia). Orgaaniset aineet ovat periaatteessa tärkeitä energian lähteitä ja elimistön rakennusaineita, mutta monet niistä ovat toksisia tai niistä muodostuu toksisia aineenvaihduntatuotteita. Lisäksi jo hyvin alkeellisista mikrobeista, kasveista ja eläimistä alkaen eliöt ovat yrittäneet estää muita eliöitä syömästä niitä ja puolustautuneet myrkyillä (esim. sienet, alkaloideja sisältävät kasvit, hermomyrkyjä sisältävät sammakkoeläimet).

Muutamit yleiset hyötykasvit on saatu myrkyttömiksi vain jalostuksella, esim. perunan villimuodot sisältävät runsaasti solaniinia. Sitä on viljellyn perunan muissa osissa runsaasti, mutta se on jalostuksella saatu pois perunan mukuloista, joskin sitä voi muodostua niihinkin valossa tai perunan itäessä. Tyypillinen varsin myrkyllinen viljelykasvi on kassava eli maniokki, josta pitää saada myrkylliset glykosidit prosessoinnilla pois ennen käyttöä. On siis syytä muistaa, ettei "luonnollinen" ravinto ja erilaisten uusien vihannes-ten ja kasvien kokeileminen ole riskitöntä.

Euroopassa ehkä merkittävin ravinnon kemiallinen riskitekijä on ollut torajyvän *Claviceps purpurea*-sienen tuottamat torajyvääkaloidit kuten ergotamiini. Ranskassa oli 1700-luvulla tuhoisa myrkytys, jossa kuoli 8000 ihmistä, ja vielä vuonna 1953 siellä oli merkittävä ergotismiepidemia. Suomessakin se oli 1800-luvulla vielä merkittävä ongelma. Maatalouden teknisellä kehityksellä ja kylvösiementen tarkastusjärjestelmällä on tämän tyyppisistä suurista haitoista päästy eroon.

Ravinnon potentiaalisesta myrkyllisyydestä aiheutuu se, että sekä kasveja käyttävien että eläinravintoa käyttävien on oltava valikoivia ravintonsa suhteen. Etenkin kasvien siemenissä ja hedelmissä on ravitsevia ja vaarattomia ravinnoksi kelpaavia osia, koska niiden hyödyntäminen palvelee kasvien omaa leviämistästrategiaa, esim. linnun syödessä kirsikan sen kova siemen säilyy ja joutuu valmiiksi lannoitettuun ympäristöön linnun

ulostaessa sen kaukana emokasvista. Monien viljeltävien kasvien vaarattomuus ja ravitsemuksellinen arvo perustuu kuitenkin jalostuksella tuotettuihin viljeltyihin lajikkeisiin. Lisäksi kaikille eliöille on kehittynyt tehokkaat entsyymijärjestelmät, jotka pyrkivät tekemään vieraita aineita myrkyttömiksi ja käyttämään niitä energian lähteenä, tai ainakin tekemään ne vesiliukoisiksi ja erittämään pois elimistöstä. Nämä samat entsyymijärjestelmät toimivat muutamien tyypillisin poikkeuksin myös synteettisille aineille.

Ongelmallisin ravintoon liittyvä terveysvaikutus on syöpä. On tiedetty pitkään, että ravinto kuuluu syövän keskeisimpiin riskitekijöihin. Toisaalta on pitkään ollut selvää, että keskeisintä eivät ole ravinnossa olevat yksittäiset kemikaalit (Doll & Peto 1981, Conning 1999), vaan ravinnon koostumus kokonaisuudessaan, erityisesti kokonaisenergiämäärä, rasvan määrä ja vihanneksien ja hedelmien määrä. Siten syöpäriske on kuten sydän- ja verisuonitautienkin riski riippuvainen ravinnon määrästä ja kokonaislaadusta.

Allergia liittyy ravintoon pääasiassa herkistymisenä ravinnon omille ainesosille (esim. kalan proteiinit, suklaa, pähkinät), mutta joissakin tapauksissa elintarvikkeiden lisäaineille (bentsoehappo). Tunnetaan myös intoleranssia (yliherkkyyttä), joka ei ole immunologisesti allergista (esim. atsovärit).

Ravinnon ja muiden kemikaalien yhteisvaikutuksista todennäköisesti tärkein on ravinnon ja lääkkeiden yhteisvaikutukset. Tästä tunnetaan lukuisia esimerkkejä. Ravinnon ja ympäristön kemikaalien yhteisvaikutuksista samoin kuin lääkkeiden ja ympäristön kemikaalien yhteisvaikutuksista on paljon vähemmän tietoja, eikä se liene kovin tavallinen riskien aiheuttaja.

Ravinnon edellä kuvatut ominaisuudet johtavat ilmeisiin johtopäätöksiin puhuttaessa ravinnon kemikaalien riskeistä. Ei ole mielekästä puhua vain ihmisen lisäämien tai ympäristön saastumisesta aiheutuvien kemikaalien riskeistä, vaan samaan aikaan kaikista sekä synteettisistä että luonnollisista kemikaaleista. Kaikissa olosuhteissa synteettiset kemikaalit eivät lisää riskejä, vaan voivat myös vähentää niitä. Esimerkkinä ovat säilöntäaineet, jotka estävät bakteerikasvua ja siten ruokamyrkytyksiä.

Myös kemikaaliriskejä voidaan estää kemikaaleilla, esim. homeenestoaineet estävät *Aspergillus flavus*-homeen kasvua ja sen aiheuttaman aflatoksiinin kertymistä elintarvikkeisiin sekä nitriitti *Clostridium botulinum*in kasvua ja botulinustoksiinin muodostumista. Samoin antioksidanttien katsotaan vähentävän syöpäriskejä. Kasvit näyttävät tuottavan toksiineja reaktiona tuholaisten (hyönteisten, sienitautien) esiintymiselle, ja siten torjunta-aineiden käyttö saattaa vähentää kasvien omien myrkkyjen muodostumista ja niiden käytön vähentäminen vastaavasti lisää myrkkyjen tuotantoa (Conning 1999).

Siten ravinnon ja elintarvikkeiden kemikaaliriskikysymys on hyvin monitahoinen, eivätkä selvältä tuntuvat toimenpiteet riskien vähentämiseksi olekaan aina itsestään selviä, joten riskinhallinnassa pitää olla hyvä kokonaiskuva koko asiasta ja kaikista joskus vastakkaisistakin riskeistä. Yksiviivainen tarmokkuus riskien vähentämisessä saattaa lisätä riskejä eikä vähentää.

Tässä kappaleessa keskitytään ympäristöstä ravintoon tuleviin epäpuhtauksiin, elintarvikkeisiin lisättäviin kemikaaleihin ja elintarvikkeisiin prosesseissa tuleviin kemikaaleihin, mutta tarpeen mukaan edellä kuvattu monimutkainen kokonaistilanne otetaan huomioon ja pyritään riskien kokonaisarviointiin yksittäisen riskin arvioinnin sijasta. Lain-säädännössä on otettava huomioon myös se, että kansallisilla säännöillä ei saa rakentaa kansainvälisen kaupan esteitä. Euroopan tasolla elintarvikkeisiin liittyvää riskinarviointityötä tekee Euroopan elintarviketurvallisuusvirasto (European Food Safety Authority, EFSA). Tieteellisen työn siellä tekevät eurooppalaisista asiantuntijoista kootut yhdeksän tiedelautakuntaa.

## **4.2. Ravinnoksi käytettävän raaka-aineen sisältämät vierasaineet**

### **4.2.1. Torjunta-ainejäämät**

Torjunta-aineet ovat poikkeuksellinen kemikaaliryhmä siinä mielessä, että niitä käytetään elämän tuhoamiseksi. Tässä ne muistuttavat penisilliiniä ja muita antibiootteja, joiden avulla hävitetään tauteja aiheuttavia bakteereita. Tuotekehityksen tavoitteena on ollut mahdollisimman valikoiva vaikutus, niin että teho kohdistuisi vain esim. rikkakasveihin tai vain tuhohyönteisiin ilman haittoja ihmiselle ja ympäristölle. Monissa tapauksissa tässä on päästy hyvin pitkälle, kun fysiologiset erot hävitettävän lajin ja suojattavien lajien välillä ovat tarpeeksi suuret. Esimerkki on kasvien fotosynteesiä estävät aineet, joiden myrkyvaikutus ei ole mahdollinen eläimillä, koska näillä ei ole fotosynteesiä. Samoin rikkakasvinhävitteet voivat estää sellaisen aminohapon synteesiä, jota ihminen ei kykene syntetisoimaan, vaan tarvitsee valmiina. Kaikissa tapauksissa valikoivaa toksisuutta ei ole onnistuttu kehittämään, ja siksi torjunta-aineisiin on suhtauduttava ammattitaidolla ja varovaisuudella, ja niiden käyttöä säädellään useassa eri vaiheessa.

Torjunta-aineet jaetaan kasvinsuojeluaineisiin ja muihin torjunta-aineisiin (esim. raken-nusten hyönteisten ja tuhoeläinten torjunta-aineet). Muut torjunta-aineet siirtyvät 10 vuoden kuluessa biosidilainsäädännön piiriin. Ylivoimaisesti suurin ryhmä tonnimääräisesti on rikkakasvien torjunta-aineet, joiden osuus on noin 70 – 80 % kaikista torjunta-aineista. Torjunta-aineiden käyttö on Suomessa huomattavasti vähäisempää kuin Eu-

roopan tärkeissä maatalousmaissa, vuosittainen käyttömäärä peltohehtaaria kohti on noin puoli kiloa, kun se on esim. Belgiassa ja Hollannissa kaksikymmenkertainen (Tilastokeskus 2004). Tätä yksinkertaista tosiasiaa Suomen elintarviketeollisuus ei ole koskaan osannut kaupallisesti hyödyntää.

Torjunta-aineet ovat ennakko hyväksyttäviä kemikaaleja, jotka maa- ja metsätalousministeriön alainen torjunta-ainelautakunta hyväksyy ennen valmisteiden markkinoille pääsyä ja käyttöä. Myyntiluvan edellytyksenä on mm. toteen näytetty teho ja toksikologisin tutkimuksin osoitettu turvallisuus käyttötarkoitukseen nähden. Soveltuvuus käyttötarkoitukseen on tutkittava Suomessa tai riittävän samankaltaisissa olosuhteissa. Torjunta-aineita koskevat perussäännökset sisältyvät torjunta-ainelakiin (327/1969, muutoksia mm. 159/1984, 1204/1994) sekä torjunta-aineasetukseen (792/1995). Myös kemikaalilain tietyt määräykset koskevat torjunta-aineita, esim. vaarallisuusluokitus ja varoitusmerkinnät (STMp 979/1997). Kasvinsuojeluaineiden toksikologiset tutkimusvaatimukset on kuvattu maa- ja metsätalousministeriön päätöksessä (MMMp 98/1996, muutos 58/1997). Torjunta-aineen rekisteröintihakemuksessa on erikseen lueteltu valmistetta ja tehoaineita koskevat vaatimukset.

Torjunta-ainelakiin on sisällytetty kasvinsuojeludirektiivin (91/414/ETY) kasvinsuojeluaineita koskevat vaatimukset ja direktiivin liitteenä on ns. EY:n positiiviluettelo käyttöön hyväksytyistä tehoaineista, jotka EFSA:n tiedelautakunnan on arvioinut ja hyväksynyt hakijoiden jäsenvaltiolle toimittaman tutkimusaineiston perusteella. Sen jälkeen, kun tehoaine on hyväksytty positiiviluetteloon, jäsenvaltiot arvioivat kyseistä tehoainetta sisältävän valmisteen hakemuksen ja myöntävät niille kansallisen rekisteröinnin. Kansallisella tasolla Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV) arvioi valmisteen ja tehoaineiden terveysvaikutukset hakijan toimittaman toksikologisen tutkimusaineiston perusteella. STTV antaa lausunnon valmisteen hyväksyttävyydestä, luokituksesta ja varoitusmerkinnöistä sekä osallistuu päätöksen tekoon torjunta-ainelautakunnassa. Torjunta-ainelautakunta hyväksyy valmisteen käyttötarkoitukseensa käytettäväksi. Torjunta-ainelautakunnassa ovat edustettuina maatalouden, kasvinsuojelun, työsuojelun, terveydenhuollon, elintarvikevalvonnan ja ympäristönsuojelun viranomaiset.

**Taulukko 4.1. Suomessa markkinoilla olevien keskeisimpien torjunta-aineiden myynti (Savela ym. mukaan, Kemia-Kemi 2003:30:61-63). Mukaan on otettu yli 10 tonnia myydyt tehoaineet, hyönteismyrkkyjen osalta yli 1 tonni.**

<b>Tehoaine</b>	<b>Myynti tonnia/vuosi</b>
<b>Hyönteismyrkyt (noin 230 valmistetta)</b>	
p-diklooribentseeni	1
dimetooatti	37
malationi	5
metiokarbi	3
mineraaliöljyt	5
muurahaishappo	1
paraffiini	7
tiametoksaami	3
pyretriinit ja pyretroidit yht.	2
<b>Rikkakasvien torjunta-aineet (113 valmistetta)</b>	
desmedifaami + etofumesaatti + fenmedifaami	24
diklooripropi + MCPA (+ mekopropi)	116
fenmedifaami	14
glyfosaatti johdoksineen	587
klopyralidi + fluroksipyyri + MCPA	29
MCPA yhdistelmiseen	360
metamitroni	55
trifluraliini	20
<b>Kasvitautilien torjunta-aineet (60 valmistetta)</b>	
Karboksiini + imatsaliili	46
Dimetomorfi + mankotsebi	13
Fenpropidiini + propikonatsoli	13
Fluatsinami	12
Imatsaliili + triadimenoli	11
Mankotsebi	63
Mankotsebi + propamokarbi	10
Prokloratsi	17
<b>Kasvunsäätteet (9 valmistetta)</b>	
Kloorimekvatti	38



Vuonna 2003 oli markkinoilla 72 hyönteiskarkotetta, 60 kasvitautien torjunta-ainetta, 13 kasvunsäätelyainetta, 113 rikkakasvien torjunta-ainetta, 232 tuhoeläinten torjuntaan tarkoitettua valmistetta. Näissä oli yhteensä 180 eri tehoainetta (KTTK: Torjunta-aineet 2003). Taulukossa 4.1 on esitetty keskeisimpien torjunta-aineiden myyntitiedot.

Torjunta-aineen rekisteröinnin yhteydessä vaaditaan hyvää maatalouskäytäntöä vastaavat jäämätutkimukset syötävissä kasvi- ja eläintuotteissa sekä rehuissa ja tiedot tehoaineiden hajoamisesta ja muuntumisesta kasveissa ja eläimissä. Jäämäkokeiden tuloksia käytetään torjunta-ainejäämien saannin arvioimisessa ja aineille asetettavan enimmäismääräpitoisuuden eli MRL (Maximum Residue Limit) asettamisessa. Toksikologisen riskin arvioinnin tuloksena saadaan ns. päivittäinen saantiarvo (Acceptable Daily Intake, ADI mg/kg/vrk). ADI-arvolla tarkoitetaan hyväksyttävää päivittäistä saantiarvoa, jolle ihminen voi altistua periaatteessa koko ikänsä ilman terveydellisiä haittavaikutuksia. ADI-arvoa verrataan jäämäkokeiden tuloksiin. Pitkäaikaista altistusta ravinnosta saataville torjunta-ainejäämille arvioidaan laskemalla teoreettinen kokonaispäiväsaanti (Theoretical Maximum Daily Intake TMDI mg/kg/vrk). TMDI-arvon laskemiseen käytetään ruoankulutustietoja ja jäämien enimmäismääräpitoisuuksia. TMDI ilmoitetaan prosenttiosuutena ADI:stä. Jos TMDI arvo on yli 10% ADI arvosta tai kasveissa esiintyy huomattavia jäämiä, vaaditaan lisätutkimuksia teollisesta prosessoinnista ja kotitalouksien ruuanlaiton vaikutuksista jäämiin. EU:n jäämätöryhmässä päätetään kunkin tehoaineen MRL-arvot, Suomesta työryhmässä on edustajat kauppa- ja teollisuusministeriöstä, KTM:stä ja MMM/Kasvintuotannon tarkastuskeskuksesta (KTTK). Kasvinsuojeluaineille asetetaan kansallisella tasolla varoajat, joiden aikana sadonkorjuu ei ole sallittua. Tavoite on, että varoaikana jäämät vähenevät alle hyväksyttyjen MRL-arvojen.

Saannin arvioinnissa esille on tullut kansallisten ruoankulutustietojen käytön kehittäminen ja vähäiset tiedot lasten saantiarvoista. Euroopan yhteisössä on valmisteilla laaja elintarvikkeiden torjunta-ainejäämien sääntelyä koskeva kokonaisuudistus. Sitä suunnitellaan EY-asetuksena ja se kattaa koko säädöskokonaisuuden.

Kasvintuotannon tarkastuskeskus valvoo torjunta-aineiden valmistusta, maahantuontia, kauppaa, säilytystä, kuljetusta ja käyttöä koskevien määräysten noudattamista sekä järjestää alan koulutusta. Lentolevitykseen tarvitaan toimilupa ministeriöstä. Vesacontorjunta-aineen levittämiseen tarvitaan lisäksi kunnanhallituksen lupa.

Yleisesti ottaen viimeisten vuosikymmenien aikana on pyritty eroon sekä akuutisti hyvin toksisista aineista kuten parationista, parakvatista ja aldikarbista että hitaasti eliminoituvista ja ympäristöön kertyvistä aineista kuten DDT:stä ja muista organoklooriyhdisteistä. Jälkimmäinen tavoite on saattanut lisätä työturvallisuusriskejä, mut-

ta on olennaisesti vähentänyt elintarvikkeisiin jäävien jäämien aiheuttamia riskejä. Erityisen vaarallisia aineita on oikeutettu käyttämään vain henkilö, joka on suorittanut käyttöön oikeuttavan erityistutkinnon. Erityistutkinnon edellyttäviä valmisteita on Suomessa markkinoilla 7 kpl, kaikki hyönteismyrkkyjä.

Varoajat ja muut käytön rajoitukset on mainittava valmisteiden myyntipäällyksen tekstissä, joten käyttäjällä on aina vastuu ohjeiden tuntemisesta ja noudattamisesta. Elintarvikevirasto valvoo jäämien pitoisuuksia, mittauksia suorittavat sen toimeksiantosta mm. EELA ja kunnalliset valvontalaboratoriot. Tuontitavaroiden jäämäpitoisuuksia mittaa Tullilaboratorio. Suomessa todetut pitoisuudet ovat olleet yleensä vain murto-osa hyväksytyistä pitoisuuksista.

Viimeisessä vuosittaisessa valvontaraportissa (Elintarvikevirasto 2004 b) esitetään 2158 valvontanäytteen tulokset, näistä suurin osa koskee hedelmiä ja vihanneksia, mutta kaikki keskeiset elintarvikkeet on pyritty kattamaan. Jäämien enimmäispitoisuudet ylittyivät 126 näytteessä (5,8 %), näistä 102 oli EU:n ulkopuolelta tulleita ja 24 muista EU-maista. Yhtään kotimaista enimmäispitoisuudet ylittävää näytettä ei löydetty. Muutamia esimerkkejä on esitetty taulukossa 4.2.

Elintarvikeviraston tekemän arvion mukaan torjunta-aineiden keskimääräinen päivittäinen saanti vihanneksista, hedelmistä ja viljasta on 49,9 µg/kg ja suurin osa saannosta on maahantuoduista elintarvikkeista (91%) (Elintarvikevirasto 10/2000) ADI-arvoihin eli hyväksyttäviin päivittäisiin saantimääriin verrattuna yksittäisen torjunta-aineen saanti on enimmillään sadasosa ADI-arvosta.

Torjunta-aineet kuuluvat lääkkeiden ohella parhaiten ohjeistettuihin ja valvottuihin kemikaaleihin. Tämä onkin välttämätöntä, koska niiden potentiaaliset riskit ovat suuret. Tutkimusten tieteellinen taso ei kaikissa tapauksissa ole yhtä hyvä, eikä toksikologisten tutkimusten valvonnan tarkkuus vastaa sitä, mikä on tilanne lääkkeiden kohdalla. Kuitenkin melko tiukka säätely ja valvonta ovat taanneet sen, että toteutuvat riskit ovat olleet vähäiset ja rajoittuneet työterveysriskeihin eivätkä kuluttajaan kohdistuviin riskeihin. Riskipotentiaali ja toteutuva riski ovat siis hyvin etäällä toisistaan.

**Taulukko 4.2. Suomessa mitattuja elintarvikkeiden torjunta-ainejäämäpitoisuuksia verrattuna sallittuihin enimmäispitoisuuksiin (esimerkit yleisesti käytetyistä elintarvikkeista, yksityiskohtia, ks. Elintarvikevirasto 9/2004 b).**

Torjunta-aine	Näytteiden lukumäärä	Mitattu jäämäpitoisuus (mediaani ja ääriarvot) mg/kg	Enimmäispitoisuuden raja-arvo mg/kg
<b>Vehnä:</b>			
Kloripyrifossimetyyli	33	0 (0 – 0,031)	3,00
Malationi	33	0 (0 – 0,024)	8,00
Primifossimetyyli*	33	0 (0 – 0,026)	5,00
Kloorimekvatti	14	0 (0 – 0,12)	2,00
Muut 39 pestisidiä	33	0 (0 – 0)	
<b>Omena:</b>			
Atsinfossimetyyli	131	0 (0 – 0,95)	0,50 (2 ylitystä)
Dimetooatti	131	0 (0 – 0,41)	0,02 (5 ylitystä)
Ditianoni	1	0,07	5,00
Karbendatsiimi*	16	0,05 (0 – 0,3)	2,00
Triatsofossi*	131	0 (0 – 0,058)	0,02 (1 ylitys)
Muut 21 pestisidiä	(114 –) 131	0 (43 näytteessä ei mitattavia pitoisuuksia, 80:ssä mitattavia määriä jotakin pestisidiä)	(ei ylityksiä)
<b>Viinirypäleet:</b>			
Bromopropylaatti*	50	0 (0 – 0,71)	0,05 (3 ylitystä)
Kloripyrifossi*	50	0 (0 – 1,1)	0,5 (2 ylitystä)
Muut 24 pestisidiä	(29 –) 50	0 (12 näytteessä ei mitattavia pitoisuuksia, 33:ssa mitattavia määriä jotakin pestisidiä)	(ei ylityksiä)
<b>Mansikka:</b>			
Bitertanoli	72	0 (0 – 0,26)	0,05 (1 ylitys)
Endosulfaani*	110	0 (0 – 0,054)	0,05 (1 ylitys)
Muut 16 pestisidiä	(72 –) 110	0 (37 näytteessä ei mitattavia pitoisuuksia, 71:ssa mitattavia määriä jotakin pestisidiä)	(ei ylityksiä)
<b>Porkkanat:</b>			
Linuroni	28	0 (0 – 0,02)	0,2
Kvintotseeni*	23	0 (0 – 0,012)	0,02
Terbutylatsiini	23	0 (0 – 0,011)	ei ole
Trifluraliini	23	0 (0 – 0,083)	ei ole
Vinklotsoliini*	28	0 (0 – 0,047)	0,50
<b>Tomaatit:</b>			
Bifentriini*	58	0 (0 – 0,068)	0,20
Bromopropylaatti*	98	0 (0 – 0,02)	0,05
Diklofluanidi*	98	0 (0 – 0,17)	5,00
Endosulfaani*	98	0 (0 – 0,21)	0,50
Iprodioni	98	0 (0 – 0,28)	5,00
Kloritaloniili*	98	0 (0 – 0,62)	2,00
Lambda-syhalotriini	98	0 (0 – 0,011)	0,10
Prosimidoni*	98	0 (0 – 0,33)	2,00
Pyrimetaniili	98	0 (0 – 0,026)	ei ole
Sypermertiini	98	0 (0 – 0,02)	0,50
Sypronidiili	98	0 (0 – 0,25)	ei ole
Tetradifoni*	98	0 (0 – 0,01)	2,00
*teho-aine ei ole hyväksytty käyttöön Suomessa			

## Hyönteisten torjunta-aineet

Maataloudessa käytettävät hyönteismyrkyt (insektisidit) ovat hermomyrkkijä, mekaanisesti vaikuttavia mineraaliöljyjä lukuun ottamatta, joskin niiden vaikutusmekanismit ovat erilaisia. Tärkeimmät Suomessa käytettävät ryhmät ovat organofosfaatit (ja eräät samoin vaikuttavat karbamaatit) ja pyretroidit. Aikaisemmin on käytetty yleisesti myös **organoklooriyhdisteitä**, Suomessa mm. DDT:tä, metoksikloria, lindaania ja endosulfaania, muualla maailmassa myös mm. klordaania, heptaklooria, aldriinia, dieldriiniä ja endriiniä. Näistä toiset ovat jääneet käytöstä osin myrkyllisyytensä takia (mm. endriini, dieldriini), toiset pelkästään ympäristöhaittojensa takia (kuten erittäin vähän myrkyllinen DDT). Klooritettuja hyönteismyrkkijä on edelleen luonnossa, mm. Itämeren sedimenteissä ja eliöstössä DDT:tä ja sen hajoamistuotetta DDE:tä. Kalassa DDT:n ja DDE:n pitoisuudet ovat 1970-luvulta lähtien voimakkaasti vähentyneet, eikä niiden tällä hetkellä voida katsoa aiheuttavan Suomessa merkittäviä ongelmia ravinnon kautta.

Klooritettujen hyönteismyrkkijöiden hormonitoimintoja häiritsevista kuten estrogeenisista ominaisuuksista on kiistelty monia vuosia. Parhaiten osoitettu vaikutus on DDT:n aineenvaihduntatuotteen DDE:n antiandrogeeninen eli miessukuhormonia vastustava vaikutus. Luonnossa DDT:n vaikutus liittyy mm. lintujen, hylkeiden, alligaattoreiden ja kalojen lisääntymisongelmiin. Vaikutuksista ihmiselle ei ole näyttöä, ja pitoisuuden pieneneminen tekee ongelmat joka tapauksessa hyvin epätodennäköisiksi. DDT aiheuttaa myös suurina annoksina kasvaimia jyrsijöissä, mutta vaikutusta ei ole voitu vahvistaa ihmisillä, eikä sen riski ole todennäköinen.

Pitkään markkinoilla olleen **nikotiinin** käyttö on sen suuren ja vaikeasti hallittavan myrkyllisyyden takia rajoittunut erikoistarkoituksiin. Rajoitetun käytön takia nikotiinista ei elintarvikkeiden kautta aiheudu terveysriskiä.

**Organofosfaatit** ja samalla tavalla vaikuttavat **karbamaatit** ovat toisin kuin klooritetut hyönteisten torjunta-aineet ympäristössä nopeasti hajoavia yhdisteitä. Toisaalta monet organofostaateista ovat akuutisti myrkyllisiä, osa erittäin myrkyllisiä. Siksi mm. Yhdysvalloissa siirtyminen 1960-luvulla DDT:stä organofosfaatteihin aiheutti satoja ruis-kuttajien kuolemantapauksia akuutin myrkytyksen takia. Uudempien organofosfaattien akuuttia myrkyllisyyttä on pystytty vähentämään, mm. useat rikkipitoiset tiofosfaatit (esim. malationi) eivät ole itse kovin myrkyllisiä, vaan hyönteisen elimistössä niistä syntyy vastaava paljon myrkyllisempi happijohdos (esim. malaoksoni). Tätä happijohdosta syntyy vain hitaasti nisäkkään elimistössä ja se hajoaa melko nopeasti, joten elimistöön ei muodostu merkittäviä pitoisuuksia. Nämä aineet ovatkin valikoivasti myrkyllisiä hyönteisille ja varsin turvallisia ihmisille. Myös karbamaateissa on sekä akuu-

tisti erittäin myrkyllisiä aineita että varsin myrkyttömiä. Hyvin myrkylliset kuten aldi-karbi ovat Suomessa ja sittemmin myös Euroopassa jääneet pois käytöstä.

Koska organofosfaatit ja karbamaatit hajoavat nopeasti ympäristössä kosteuden vaikutuksesta ja myös eliminoituvat elimistössä nopeasti, eivät niiden jäämät ravinnossa aiheuta merkittäviä riskejä, vaan riskit ovat lähinnä käyttäjien työterveysriskejä.

**Pyretriini** on *Chrysanthemum*-suvun kasveista saatava luonnon hyönteismyrkkyseos, jota käytetään myös luonnonmukaisessa viljelyssä. Pyretriini hajoaa herkästi valossa ja aiheuttaa lisäksi allergiaa. Siksi on kehitetty lukuisia synteettisiä **pyretroideja**, joiden valonkestävyys on parempi ja allergeenisuus vähäisempi. Nisäkkäät pilkkovat pyretroideja nopeasti, joten ne ovat valikoivasti toksisia vain hyönteisille. Toisaalta nämä aineet ovat asunnoissa käytettävien hyönteismyrkkujen tavallisimmat vaikuttavat aineet, joten tavallista tarkempi valvonta on tarpeen sekä niiden hyväksymisessä markkinoille että niiden käytön ohjeistamisessa. Melko kalliina aineina pyretroideja ei käytetä vielä kovin yleisesti maataloudessa. Viimeistään elimistössä tapahtuvan nopean hajoamisen takia jäämät ravinnossa eivät muodosta kuluttajille merkittäviä riskejä.

#### Rikkakasvientorjunta-aineet

Peltoviljelyssä tärkeimmät rikkakasvien torjunta-aineet (herbisidit) ovat glyfosaatti ja fenoksietikkahapon johdokset (mm. MCPA ja diklooripropi). Aikaisemmin on markkinoilla ollut huomattavan myrkyllisiä aineita kuten kosketusherbisidinä tunnettu parakvatti ja herne- ja apilaviljelyssä herbisidinä käytetty dinosebi. Viime vuosina markkinoille on tullut erittäin pieninä määrinä käytettäviä ja eläimille vain vähän myrkyllisiä aineita kuten sulfonyyliureat (eniten käytetyt tifensulfuroni-metyyli, tria-sulfuroni, tribenuroni-metyyli ja triflusuulfuroni-metyyli).

Rikkakasvien torjunnassa käytetään toisaalta selektiivisiä aineita viljelyn aikana ja toisaalta ns. epäselektiivisiä aineita. Esimerkiksi selektiivisillä fenoksihappoherbicideillä voidaan hävittää leveälehtisiä rikkaruohoja viljapelloilta, koska heinäkasvit kestävät niitä. Glyfosaattia taas käytetään viljelyn jälkeen hävittämään kaikki kasvit. Viljelyn jälkeen tapahtuva käyttö ei aiheuta seuraavan vuoden satoon merkittäviä jäämiä, koska esim. glyfosaatti sitoutuu maaperään ja hajoaa. Viljelyn aikana levitetyt herbisidit levitetään alkukesällä, joten varoajat viljan korjuuseen ovat pitkät. Siten sääntöjen mukaan käytettynä herbisidit aiheuttavat merkityksettömiä jäämiä elintarvikkeisiin.

Mm. glyfosaatin pääsyä pohjavesiin on tutkittu, mutta glyfosaattia ei Suomessa pääse pohjavesien kautta merkittäviä määriä kuluttajalle (torjunta-aineiden mahdollisuudesta päästä pohjavesiin, ks. kuitenkin Juomavesi, luku 3.3.5.). Ongelma on suurempi Keski-Euroopan tehoviljelyalueilla kuten Hollannissa. Viime aikoina on keskusteltu

siitä, mitä aiheuttaa glyfosaattiresistenttien kasvien, esim. sokerijuurikkaan, kehittäminen. Näiden viljelysten rikkaruohontorjunnassa voidaan glyfosaattia käyttää myös kasvukauden aikana, ja käyttömäärien mahdollisesti lisääntyessä on pelätty, että riski esim. pohjavesien kautta olisi suurempi. Riski kuluttajille ei kuitenkaan tältä osin näytä suurelta. Glyfosaatti on nisäkkäille erittäin vähän myrkyllinen, ja sen vaikutus perustuu vain kasveissa esiintyvän entsyymin estoon. Sen osuus onkin koko ajan lisääntynyt ja on nyt noin puolet kaikista käytetyistä herbisideistä.

Eniten keskustelua on herättänyt **fenoksihappoherbisidien** mahdollinen osuus eräiden kasvaimien kuten pehmytkudossarkooman ja lymfoomien synnyssä. Kyse on tällöin työympäristössä tapahtuvasta altistuksesta. Vaikka asiaa on selvitetty noin 25 vuotta, täyttä varmuutta ei ole saatu, mikä sinänsä osoittaa, ettei riski voi työaltistuksenkaan yhteydessä olla suuri. Kuluttajalle aiheutuvia riskejä näistä herbisideistä ei voi pitää merkittävänä, pieni altistus voisi olla mahdollinen poimittaessa marjoja tai sieniiä äskettäin käsitellyltä vesakontorjunta-alueelta tai lasten altistus pihanurmikon voikukkien hävittämisen jälkeen.

Useiden maahan levitettävien hyvin vähän myrkyllisten herbisidien syöpäriskistä ja kilpirauhasen toimintaa häiritsevästä ominaisuuksista on takavuosina keskusteltu. Näitä käytetään aivan kasvukauden alussa, joten merkittäviä jäämiä niistä ei jää.

#### Fungisidit, kasvitautien torjunta-aineet

Fungisideissa eli sienitautien torjunta-aineissa on ollut aikaisemmin käytössä myrkyllisiä ja ravintoketjussa kertyviä erittäin ongelmallisia aineita kuten orgaanisia elohopeayhdisteitä. Yleisantisepiteina ja fungisideina on myös käytetty kloorifenoleita kuten pentakloorifenolia. Näitä fungisideja ei enää ole Suomessa markkinoilla, ja lisäksi useimpien nykyisten fungisidien välitön myrkyllisyys on erittäin vähäinen (esim. tappava annos rotalla useita grammoja eläimen painokiloa kohti). Merkittäviksi mahdollisiksi riskeiksi jäävätkin kasvaimia aiheuttavat ominaisuudet sekä hormonitoimintoja (lähinnä kilpirauhasen toimintaa) häiritsevät ominaisuudet. Mahdollisia jäämien kannalta olennaisia tuotteita ovat ulkomailta tuodut hedelmät sekä kotimaiset omenat ja mansikat, jotka ovat alttiita sienitaudeille ja käsitellään sen takia suhteellisen lähellä sadonkorjuuta. Tuontihedelmät saatetaan käsitellä myös kuljetusta varten, jolloin kyse on nk. "post-harvest"-aineista (esim. benomyyli, tiabendatsoli, bifenyyli). MRL raja-arvojen ylityksiä on tavattu tuontituotteissa mutta ei kotimaisissa tuotteissa (ks. Taulukko 4.2).

Syöpäriskin suhteen on tutkittu ja epäilty erityisesti ditiokarbamaatteja (mm. manebi, sinebi, mankotsebi). Niiden akuutti myrkyllisyys on erittäin vähäinen, mutta eräät

niistä ovat teratogeenisiä koe-eläimillä ja niiden mahdollinen hajoaminen karsinogeeniseksi etyleenitioureaksi on pitänyt yllä huolta niiden syöpävaarallisuudesta, jota ei ole kuitenkaan voitu selkeästi osoittaa. Jäämäkontrollin avulla altistus on syytä pitää mahdollisimman pienenä.

EU:ssa hedelmien pintakäsittelyaineita säädellään lisäainemääräyksillä. Sallitut vahamaiset pintakäsittelyaineet ovat peräisin eläinkunnasta (kuten mehiläisvaha), kasvikunnasta (kuten kandelillavaha), tai ne ovat synteettisiä (sallittuja vahoja ovat hapetettu polyeteenivaha ja mikrokiteinen vaha). Sallituille vahoille ei ole asetettu enimmäismääriä. (EVI; Tullilaboratorio 2000). Eräitä torjunta-aineita esim. kaptaania, imatsaliilia, difenyyliamidia ja ortofenyylifenolia käytetään myös tuontihedelmien pintakäsittelyaineina.

### Kasvunsäätet

Kasvunsäateillä tarkoitetaan aineita, jotka pysäyttävät korren pituuskasvun (muualla myös oliivipuiden kasvun) ja kovettavat korren, niin että vilja ei lakoonnu ja on helppompi korjata. Tärkein kasvunsäädekemikaali on ollut pitkään klorimekvatti. Se on kemiallisesti sukua parakvatille, mutta myrkyllisyydeltään ei ole sen tapaan ongelmallinen. Toisentyypinen kasvunsäade on mm. perunan itämistä estävä kloriprofaami. Se ei ole akuutisti myrkyllinen, mutta suoraan lopputuotteeseen käytettynä se vaatii erityistä huomiota pitkäaikaishaittojen suhteen.

### Johtopäätökset torjunta-aineista

Torjunta-aineissa on aineryhmän luonteesta johtuen hyvinkin toksisia ja haitallisia aineita, mutta tiukka ennakkokontrolli, ammattitaitoinen käyttö ja tehokas valvonta ovat taanneet sen, että tämä kemikaaliryhmä ei kuulu kaikkein ongelmallisimpiin. Saanti on alle prosentista muutamaan prosenttiin hyväksytystä päiväsaannista. Siksi niistä ravinnon kautta aiheutuvat terveysriskit eivät ole Suomessa merkittäviä.

**Suurimmat altistukset tulevat tuontitavaroissa olevista aineista**, mm. homeentorjunta-aineista ja pintakäsittelyaineista. Maailmankaupan vapautuessa on jäämätilannetta tarkasti seurattava, koska monissa maissa torjunta-aineiden käyttö on huomattavasti laajempaa ja huonommin kontrolloitua kuin Suomessa. Jo nyt 91 % torjunta-ainejäämistä tulee ulkomaisista tuotteista.

**Pitkäaikaisen saannin arvioinnin pohjaksi käytettävien ruoankulutustietojen keräämistä ja ylläpitoa tulee kehittää**, jotta MRL- arvojen asettamisessa saadaan kansal-

linen pohja, eikä arviointi perustu yksinomaan WHO:n, Iso-Britannian tai Saksan kulutustietoihin. Varsinkin lasten ruoankulutuksesta on käytettävissä liian vähän tietoja.

#### 4.2.2. Raskasmetallit

Tunnetuimmat terveysvaikutuksia aiheuttavat raskasmetallit ovat lyijy, kadmium ja elohopea mukaan lukien metyylielohopea. Näistä **lyijy** on maailmanlaajuisesti edelleen melko suuri ongelma mm. juomavesien osalta, koska vesijohdoissa on yleisesti käytetty lyijyä. Toinen suuri lyijyn lähde on ollut liikenne, koska bensiinissä käytettiin nakutuksenestoaineena tetraetyyli-lyijyä. Suomessa bensiinin lyijyn käyttö lopetettiin 1980-luvulla, joten terveyden kannalta olennaisin leviämistapa ilmasta vihannesten lehdille ja hedelmien ja marjojen pintaan on loppunut. Vesijohtoveden lyijypitoisuus ei Suomessa ole ollut ongelma erilaisen tekniikan takia. Lyijypigmenttien kuten lyijyvalkoisen käyttö sisämaaleissa on Suomessa kielletty jo 1920-luvulla.

**Kadmium** on raskasmetalleista ainoa, joka kertyy olennaisessa määrin juurien kautta kasveihin. Siksi lannoitteiden kadmiumpitoisuutta on tärkeää valvoa. Suomessa tuotuksessa fosfaatissa on hyvin vähän kadmiumia, joten on syytä seurata fosfaattilannoitteiden kauppaa, jottei tilanne pääse huonontumaan. Jätevesilietteiden käyttöä peltoviljelyssä on tiukasti rajoitettu valtioneuvoston päätöksellä (VNP 282/1994), joten tällä hetkellä sitä kautta ei aiheudu merkittäviä ongelmia. Lähinnä kadmiumin saanti on ongelmallista riistaeläinten kuten hirven maksan ja munuaisten käyttäjille; tätä käyttöä onkin ohjeistuksella rajoitettu (MMMp 1997). Saantiarvioiden mukaan jo metsästäjien välillä voi olla saannissa yli kertaluokan eroja siitä riippuen, käyttävätkö he maksaa ja munuaisia vai eivät (Vahteristo ym 2003).

Tällä hetkellä ongelmallisin raskasmetalli on **elohopea**, erityisesti kalassa oleva **metyylielohopea**. Tiettyjen alueiden järvissä kasvava suuri petokala (hauki, kuha, made) saattaa sisältää yli 1 mg/kg elohopeaa. Elohopeaa on runsaasti myös ravintopyramidin huipulla olevissa merikaloissa (esim. tonnikalassa). Nykyinen ohjeistus lähtee siitä, että haukea käytetään vain 1 – 2 kertaa kuukaudessa ja myös isojen ahvenien, kuhien ja mateiden käyttöä rajoitetaan, jos kalaa syödään päivittäin. Raskaana oleville ja imettäville äideille haukea ei suositella lainkaan (Elintarvikevirasto Tiedotteet/2004). Nämä ohjeet ovat erittäin tiukat ja riittävät hyvin rajoittamaan kalasta saatavan metyylielohopean määrää. Ongelma jääkin koskemaan itse pyydettyä kalaa syöviä, jotka eivät noudata ohjeita. Väestötasolla ongelmallisin on tiettyjen väestöryhmien runsaasti käyttämä tonnikala.

Laivojen ja veneiden pohjamaaleissa levä- ja kotilokasvun estämiseen käytettyjä **organisia tinayhdisteitä** on varsin suurina pitoisuuksina satama-altaiden sedimenteissä.



sä ja jonkin verran kalassa. EFSA on äskettäin tehnyt riskinarvioinnin (EFSA 2004) ja asettanut neljän tinayhdisteen summapitoisuudelle (tributyyliä, trifenyyliä, dibutyyliä, dioktyyliä) TDI-arvon 0,25 µg/kg, eli 60-kiloiselle henkilölle 15 µg/vrk. Tämä perustuu 100-kertaiseen turvallisuusmarginaaliin immunotoksisuuden mukaan, muita vaikutuksia tulee vasta suuremmilla annoksilla. Elintarvikeviraston kalankäyttösuositusta noudattavilla (kaksi kala-ateriaa viikossa vaihdellen eri kalalajeja) saanti pysyy keskimäärin hyvin TDI-arvoa pienempänä, vaikka se yksittäisestä kala-ateriasta voi ylittyä. Paikallisen kalan suurkuluttajilla arvo voi ylittyä. Siksi olisi syytä kartoittaa väestön ja erityisryhmien todellinen altistus orgaanisille tinayhdisteille.

### Johtopäätökset raskasmetalleista

Tällä hetkellä merkittävin ravinnon kautta terveysriskejä aiheuttava raskasmetalliyhdiste on **metyylielohopea**, jonka pitoisuus petokaloissa voi aiheuttaa yksipuolisesti petokalaa syöville varsin suuren altistuksen. Ongelma on ratkaistavissa valistuksella, niin että kalaa käytetään monipuolisesti ja vältetään yhden kalalajin (tonnikala, hauki) jatkuva käyttöä. Altistuminen **orgaanisille tinayhdisteille** olisi syytä selvittää.

#### 4.2.3. Pysyvät orgaaniset halogenoidut yhdisteet (POP)

POP-yhdisteisiin kuuluu sekä torjunta-aineita että muita yhdisteitä kuten PCB-yhdisteitä, polykloorattuja dioksiineja ja furaaneja (PCDD/F-yhdisteitä) sekä bromattuja yhdisteitä.

Itämeren alueen **dioksiini- ja PCB-kysymyksistä** on valmistunut laaja muistio vuonna 2004, ja siinä on käyty perusteellisesti läpi sekä altistukset että terveysvaikutukset (EU SCALE-ohjelma) ja tehty suosituksia toimenpiteiksi EU:n tasolla. Herkimmät ja riskinarvioinnin kannalta tärkeimmät vaarat ovat syöpäriski ja kehityshäiriöiden riski. Sekä dioksiini- että PCB-pitoisuudet ovat laskeneet 1970-luvulta alkaen voimakkaasti ja tämä lasku näkyy myös eläimistöissä ja ihmisten altistuksessa. Mm. äidinmaidossa altistukset ovat vähentyneet Suomessa dioksiinien osalta vuodesta 1987 noin kolmasosaan ja väheneminen näyttäisi jatkuvan. Toisaalta etenkin kehityshäiriöiden osalta turvallisuusmarginaalit eivät ole suuret, joten tätä aineryhmää ja ympäristökuormituksen kehitystä on edelleen seurattava tarkoin. POP-yhdisteet ovat esimerkki tuotteista, joiden osalta luomutuotteet eivät välttämättä ole puhtaampia kuin normaalituotteet. Keski-Euroopassa on luomukananmunissa ollut varsin suuria dioksiini- ja PCB-pitoisuuksia.

EU:n elintarvikeraja-arvojen puitteissa ongelmallinen asia on nimenomaan **Itämeren silakka**. EU:n raja-arvo kalalle on 4 ng/kg tuorepainossa, ja silakan pitoisuudet ovat keskimäärin noin 7 ng/kg vaihtelun ollessa suurta, niin että alle 17 cm silakka jää raja-

arvon alapuolelle, mutta suurissa vanhoissa silakoissa voi olla jopa 20 – 30 ng/kg pitoisuuksia. Arvioiden mukaan 60 – 80 % dioksiinien saannista tulee Suomessa silakasta, mutta toisaalta dioksiinien kokonaissaanti on vähäisempää kuin useimmissa Euroopan maissa. Nämä aineet ovat erityisessä seurannassa, ja toimenpiteet riippuvat EU:n toimista. Kokonaisaltistuksen osalta Suomen ollessa Keski-Eurooppaa paremmassa asemassa EU:n toimet ovat enemmän kuin riittäviä turvallisuuden takaamiseksi myös Suomessa. Päinvastoin tulee huolehtia siitä, että kalan kokonaiskulutus ei vähe- ne kemikaalien pelon takia.

Uudempi aineryhmä on **polybromatut yhdisteet** (mm. difenyylietterit), joita on etenkin palontorjunta-aineissa. Näiden seuranta ja tarkempi arviointi on tärkeää, koska pitoisuudet ympäristössä ovat lisääntyneet viime vuosiin saakka. Niiden mahdollisista haitoista ei ole vielä täyttä varmuutta, tosin pitoisuudet ovat murto-osa PCB-pitoisuuksista, joihin ne ovat lähinnä verrattavissa. Altistukset ovat Euroopassa paljon vähäisempiä kuin Yhdysvalloissa, joten tiedon kertymistä Yhdysvalloissa on syytä seurata.

Toinen uudempi kemikaaliryhmä on **fluoratut hiilivedyt**. Perfluorattuja yhdisteitä (PFAS) käytetään mm. tekstiileissä, nahkatuotteissa, auto- ja lattiovahissa ja sähkölaitteissa (ks. Kulutustuotteet luku 6.8.2). Perfluorattujen yhdisteiden puoliintumisaika ihmisessä on arvioitu useiksi vuosiksi, joten ne ovat kertyviä aineita. Niitä on löydetty mm. kalasta ja muista vesieläimistä (PMN 2004), joten niiden pitoisuuksien kehitystä elintarvikkeissa on syytä seurata.

### Johtopäätökset POP-aineista

Dioksiininkaltaisten aineiden osalta terveysvaikutukset näyttävät suurimman altistuksen aikana 1970-luvulla olleen todellisia. *Altistus on olennaisesti vähentynyt, mutta POP-aineiden pääsyä ympäristöön on edelleen syytä seurata ja valvoa tarkasti.* Huomiota on syytä kiinnittää lisääntyviin aineisiin kuten polybromattuihin ja polyfluorattuihin hiilivetyihin. Siten vesieliöstön ravintoketju pysyy tärkeänä valvottavana ja arvioitavana altistumistienä, vaikka monet aineet ovatkin vähentyneet.

#### 4.2.4. Nitraatti ja nitriitti

Nitriittejä ja nitraatteja saadaan juomavedestä (ks. Juomavesi luku 3.3.4 Kaivoveteen liittyvät ongelma-aineet), eräistä kasveista (punajuuri, vihannekset) ja säilöntäainekäytön takia erityisesti lihatuotteista. Erot saannissa ovat suuria yksilöiden välillä, Suomessa on arvioitu nitriittipitoisia tuotteita käyttävien saanniksi naisilla 4,0 mg/vrk ja miehillä 7,3 mg/vrk, kun se koko väestöllä on vain 0,3 ja 0,8 mg/vrk (Ovaskainen

ym 2000). **Siten omat valinnat vaikuttavat suuresti nitriitin saantiin** (ks.luku 4.4.1 Lisäaineet).

#### 4.2.5. Mikrobilääkkeet ja muut lääkejäämät

Tuotantoeläimiä hoidetaan usein mikrobilääkkeillä ja hoito voi aiheuttaa jäämiä niistä saataviin elintarvikkeisiin. Haittojen mahdollisuus riippuu tuotantoeläimestä ja lääkeaineesta. Esimerkiksi mikrobilääkejäämien terveydellisiä haittoja voivat olla yliherkkyyssreaktiot ja mikrobilääkkeille vastustuskykyisten bakteerikantojen siirtyminen eläimistä ihmisiin.

Terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi kaikille tuotantoeläinten lääkinnässä käytettävälle lääkeaineille määritetään EU:ssa eläinlaji- ja kudiskohtaisesti MRL-arvot (jäämän enimmäismäärät), jotka ovat kuluttajan kannalta turvallisia jäämäpitoisuuksia. MRL-arvoa ei aseteta, mikäli toksikologisen arvion perusteella lääkeaineesta ei aiheudu kuluttajalle haittaa. Jos aineelle ei voida asettaa turvallista enimmäismäärää, sen käyttö tuotantoeläimillä kielletään.

MRL-arvo asetetaan niin, että laskennallisessa ruokakorissa saatavien jäämien määrä jää alle sallitun päiväsaannin (ADI, acceptable daily intake), joka ilmoittaa, kuinka suu-  
relle lääkeainepitoisuudelle ihminen voi altistua päivittäin koko elämänsä ajan ilman terveydellistä riskiä. ADI-arvo asetetaan toksikologisten, farmakologisten ja mikrobiologisten tutkimusten perusteella. Lääkeaineiden MRL-arvojen perusteella ja myyntiluvan haltijan suorittamien tutkimusten perusteella kullekin lääkevalmisteille määrätään varo aika, jonka aikana eläimestä saatuja tuotteita ei saa käyttää ihmisravinnoksi. Lääkejäämiä valvotaan monessa eri yhteydessä: kansallisen vierasainevalvontaohjelman yhteydessä, epäilyyn perustuen sekä laitosten omavalvonnan yhteydessä.

Maa- ja metsätalousministeriön työryhmä kartoitti eläinten lääkinnästä aiheutuvat lääkejäämät ympäristöön vuonna 2000 (MMM 2000). Ihmiselle mikään lääkejäämä ei näyttäisi aiheuttavan suoria riskejä, sen sijaan ympäristön mikrobiston muuttuminen voi aiheuttaa mikrobiologisia riskejä vastustuskykyisten mikrobien valikoituessa.

Mikrobilääkkeiden käyttö valikoi aina resistenttejä mikrobeja. Vaikka lääkejäämät olisivat jo täysin poistuneet eläimestä, lääkekäytön valikoimat resistentit mikrobit jäävät usein pitkiksikin ajoiksi kolonisoimaan eläintä. Näiden mikrobien siirtyminen ihmiseen on mahdollista. Resistenteillä bakteereilla on myös kyky siirtää resistenssiominaisuuksia toisiinsa. Näin resistenssiominaisuudet siirtyvät eläinten bakteereista ihmisen bakteereihin.

Euroopan unioni on kieltänyt ihmisille käytettävien mikrobilääkkeiden käytön rehun lisäaineina (kasvunedistäjinä). Muualla maailmassa, esimerkiksi Yhdysvalloissa, kasvunedistäjien käyttö on hyvin yleistä. Näiden tiedetään edistävän resistenttien bakteerien lisääntymistä ja leviämistä ihmisiin. Tuotantoeläinten pitkäaikainen mikrobilääkehoito on mikrobiologisilta vaikutuksiltaan hyvin samankaltaista kuin kasvunedistäjien käyttö. Siksi Suomessa on eläinten hoidossa pyritty kaikin tavoin edistämään optimaalista mikrobilääkepolitiikkaa. Myös eläimistä eristettyjen bakteerien lääkeresistenssin seuranta on systemaattista. Kansainvälisesti katsottuna resistenssitilanne meillä on vielä hyvä.

#### **4.3. Ravinnoksi käytettävän raaka-aineen sisältämät luonnon tuottamat toksiiinit ja haitalliset aineet**

##### **4.3.1. Mykotoksiinit**

Suurin huomio on kiinnitetty toksiineihin, joita tuottaa kolme homesukua, *Aspergillus*, *Fusarium* ja *Penicillium*. Näistä *Aspergillus flavuksen* tuottama aflatoksiini B1 on potentti eläinkarsinogeeni ja todennäköisesti ihmiselle syöpää aiheuttava aine. Home-toksiineissa on myös mm. munuaisille ja hermostolle myrkyllisiä aineita. Myös veren hyytymistä estävät dikumarolijohdokset löydettiin homehtuneen mesikän aiheutettua eläinten verenvuotoja. Hometoksiineja syntyy erityisesti lämpimässä ja kosteassa, ja niitä on etenkin maapähkinöissä, pähkinöissä ja kosteuden vaivaamassa viljassa. **Siten mykotoksiiniongelmia koskee Suomessa pääasiassa tuontitavaraa**, sen lisäksi rehujen homehtuminen on eläinlääketieteellinen ongelma.

*Claviceps*-sienen aiheuttamassa torajyvässä on runsaasti erilaisia alkaloideja ja muita aktiivisia aineita. Terveydellisiä haittoja on aiheutunut ennen muuta ergotamiinista, joka on voimakkaasti verisuonia supistava aine ja joka on aiheuttanut aikaisempina vuosisatoina epidemioita. Niille ovat olleet tyypillisiä raajojen kuoliot ja erilaiset keskushermosto-oireet. **Sienitautien torjunnalla ja viljan lajittelulla Suomessa on päästy ongelmasta kokonaan eroon.**

##### **4.3.2. Bakteeritoksiinit**

Monet bakteerit voivat tuottaa toksiineja tai muita kemiallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa ihmisten akuutin sairastumisen. Voimakkain näistä toksiineista on *Clostridium botulinum* -bakteerin tuottama hermomyrkky. Sen aiheuttamat ihmisten sairastumiset ovat kuitenkin Suomessa hyvin harvinaisia. Myös koagulaasipositiiviset stafylokokit, *Clostridium perfringens* sekä *Bacillus cereus* ja eräät muut *Bacillukset* voivat tuottaa elintarvikkeissa tai ihmisen suolistossa toksiineja, jotka aiheuttavat ruokamyr-

kytyksiä. Ennaltaehkäisy perustuu hyvään hygieniaan sekä oikeisiin valmistus-, tarjoi-  
lu- ja säilytyslämpötiloihin sekä -aikoihin. Bakteerit voivat tuottaa myös nk. biogeeni-  
sia amiineja, jotka voivat aiheuttaa ihmisten sairastumisia. Oireet ovat yleensä koh-  
tuullisen nopeasti ohi meneviä. Biogeenisistä amiineista tunnetuin on histamiini ja sitä  
todetaan toisinaan varsinkin tonnikalasta.

#### 4.3.3. Muut luonnon toksiinit

Suomessa sienien aiheuttamat myrkytykset aiheuttavat harvoin kuolemantapauksia,  
mutta mm. seitikit ovat aiheuttaneet munuaisvaurioita. Nämä ovat estettävissä valis-  
tuksella ja kauppasienien valvonnalla. Suomalainen erikoisuus on korvasienen käyttö,  
vaikka sitä Keski-Euroopassa pidetään liian myrkyllisenä syötäväksi. Sen käytössä on  
oltava tarkka ryöppäyksen suhteen, pelkkä kuivaus ei riitä poistamaan hydratsiinijoh-  
dos gyromitriinia.

*Solanaceae*-heimon kasveissa (koisokasveissa) on lukuisia myrkyllisiä lajeja ja myös  
useiden viljeltyjen lajien lehdistä ja varsissa on myrkyllisiä alkaloidoja tai glykosideja  
(esim. peruna, tomaatti). Perunan glykoalkaloidien  $\alpha$ -solaniinin ja  $\alpha$ -kakoniinin pitoi-  
suudet on jalostuksella saatu melko vähäisiksi perunan mukuloissa, mutta perunoiden  
itäessä tai saadessa valoa ja vihertyessä pitoisuus lisääntyy. *Brassicaceae*-heimon  
kasveissa (ristikukkaisissa) on myös monia aktiivisia aineita, mm. CYP-entsyymejä  
indusoivia aineita sekä kilpirauhasen hormonisynteesiä häiritseviä aineita.

Maailmanlaajuisesti kasvien omien toksiinien aiheuttamat terveysvaikutukset ovat  
usein olleet seurausta huonosta elintarviketilanteesta, jolloin on tingitty perinteisistä  
käsittelymenetelmistä kuten liottamisesta. Tämä on ollut tilanne mm. papujen fytoag-  
glutiniinien ja kassavan syanideja tuottavien glykosidien kohdalla. Tämänäköiset  
riskit eivät Suomessa ole todennäköisiä. Jossakin määrin on odotettavissa riskejä, jos  
synteettisten torjunta-aineiden välttämisen takia ruvetaan yleisesti jalostamaan lajik-  
keita, joissa on "luonnollisia" torjunta-aineita. **Jos nykyisiä torjunta-aineille asetet-  
tuja kriteerejä sovellettaisiin kasvien omiin toksiineihin, monia niistä pidettäisiin  
potentiaalisina riskeinä** (Conning 1999).

#### 4.3.4. Ravintoaineiden omat haitalliset vaikutukset

Ravintoaineiden haitalliset vaikutukset perustuvat useimmiten liialliseen ja yksipuoli-  
seen saantiin, eikä ravintoaineiden haitallisuuteen sinänsä. Näitä kysymyksiä ei tässä  
tarkemmin käsitellä, mutta on syytä mainita liikaravitsemuksen, suolan ja eläinrasvo-  
jen suuri vaikutus sydän- ja verisuonisairauksiin, sokerin ja nopeasti imeytyvien hiili-  
hydraattien vaikutus tyyppi II diabetekseen, ja useimpien edellä mainittujen tekijöiden

yhteys tiettyjen syöpäsairauksien riskiin. **Nämä ravinnon liialliseen ja yksipuoliseen saantiin liittyvät vaikutukset ovat merkittävästi suurempia kuin minkään yksittäisen elintarvikkeeseen lisätyn tai ympäristöstä siihen joutuneen kemikaalin vaikutukset.** Toisaalta myös positiiviset vaikutukset (esimerkiksi kalan edullisten rasvahappojen tai vihannesten ja hedelmien syöpäsairauksia estävät vaikutukset) ovat merkittävästi suurempia kuin samassa tuotteessa mahdollisesti olevien kemikaalien haitalliset vaikutukset.

## Alkoholi

Alkoholia voidaan pitää joko hiivojen tuottamana mikrobitoksiinina tai ravintoaineena. Historiallisesti juomien turvallisuutta on lisännyt se, että itsestään pilaantuvan elintarvikkeen on annettu fermentoitua hallitusti. Silloin ihmiselle vaaraton mikrobi on tuottanut ympäristöönsä alkoholia ja sillä tavalla estänyt muiden, mahdollisesti patogeenisten mikrobien kasvua. Tästä syystä olut ja viini ovat olleet alkoholin toksisuudesta huolimatta vuosisatoja turvallisempia juomia kuin vesi tai huonosti säilyvä tuore mehu. Nyky-yhteiskunnassa tämä ei enää ole perusteena alkoholipitoisten juomien käytölle, vaan juomien käyttötarkoitus on sosiaalinen. Haitat ja toksisuus ovat kuitenkin ennallaan, ja muodostavat yhden suurimmista kemikaaliriskeistä nyky-yhteiskunnassa. Lisäksi se on merkittävä piilokaloreiden aiheuttaja.

Alkoholimyrkytyskuolemia (etanoli) on Suomessa vuodessa noin 400. Lisäksi alkoholi aiheuttaa pitkäaikaisvaikutuksina sekä runsaasti sairauksia että merkittävän määrän ennenaikaisia kuolemantapauksia, tilastoituja alkoholiin liittyviä kuolemia on noin 1500 vuodessa. **Alkoholin turvallisuusmarginaali onkin humalahakuisessa käytössä pienempi kuin minkään muun väestötasolla altistusta aiheuttavan kemikaalin,** kuoleman suhteen turvaväli ”sosiaalisen humalan” ja kuoleman aiheuttavan pitoisuuden välillä on noin kaksinkertainen. Hyvin vähäinen alkoholinkäyttö voi estää sydänkuolleisuutta verrattuna täysraittiisiin. Toisaalta säännöllisen pitkäaikaisen käytön yhteydessä terveyshaittoja tulee runsaasti, ja jo yli 25 g (noin 2 olutpulloa tai viinilas) päivässä lyhentää elinikää. Siten alkoholin suhteen yhteiskunnassa noudatetaan täysin muista kemikaaleista poikkeavaa turvallisuusajattelua.

Merkittävä riski alkoholista on syntymättömälle lapselle, jolle altistus on periaatteessa ympäristöaltistus. **Fetaalialkoholisyndroomaa** sairastavia lapsia syntyy Suomessa noin kaksi tuhatta synnytyksestä kohti eli noin sata vuodessa ja lievien kehityshäiriöiden luku lienee moninkertainen. **Siten kehityshäiriöiden aiheuttajana alkoholi on merkittävimpiä kemikaaleja. Raskaudenaikaiseen alkoholinkäyttöön on siksi syytä kiinnittää erityistä huomiota.**

#### 4.3.5 Johtopäätökset ravinnosta saatujen luonnon kemikaalien riskeistä

Ravinnossa jääminä tai luonnostaan olevien luonnon omien kemikaalien aiheuttamat riskit ovat yhtä merkittäviä kuin epäpuhtautena olevien synteettisten kemikaalien. Ne ovat kuitenkin julkisuudessa huomattavasti tunnettuja ja ruokakulttuurin globaalistuminen voi lisätä niitä. Alkoholi on merkittävimpiä ”luonnon kemikaaleja”, ja sen riskeihin erityisesti raskauden aikana tulee kiinnittää huomiota. Riskejä tulee pyrkiä vähentämään valistuksella ja valvontatoimilla.

### 4.4. Ravintoon ja elintarvikkeisiin tarkoituksella lisätyt kemikaalit

#### 4.4.1. Lisäaineet

Lisäaineet on hyväksyttävä käyttöön kuten lääkkeet ja torjunta-aineetkin (Asetus elintarvikelisäaineista 521/1992). EFSA:lla on lisäaineiden arviointia varten oma tiedelautakunta (AFC: Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food). Tämä takaa sen, että niistä on olemassa toksikologinen perustieto ja yleensä kansainvälisesti tehty riskinarviointi ennen käyttöönottoa. Elintarviketellisuuden käyttöön hyväksyttyjä lisäaineita on noin 350 kpl. Kullekin niistä on määritetty yksiselitteinen E-koodi. Hyväksyttyjä elintarvikelisiä on 43, makeutusaineita 12, säilöntäaineita 45 ja muita lisäaineita yli 200. Muihin lisäaineisiin kuuluu monenlaisia aineita alkaen elimistössä normaalistikin esiintyvistä suoloista kuten fosfaateista ja karbonaateista sekä etikkahaposta mausteisiin ja vitamiineihin kuten askorbiinihappoon (C-vitamiini) ja tokoferoliin (E-vitamiini). Osa on luonnonaineita, osa synteettisesti valmistettuja luontaisen kaltaisia aineita ja osa luonnossa esiintymättömiä synteettisiä aineita. Lisäaineet on tärkeä kemikaaliryhmä siitä syystä, että ne joutuvat varmuudella ihmiseen. Annosfraktio (Intake fraction) on toisin sanoen lähes 1. Muutama huomionarvoinen lisäaineryhmä käsitellään jäljempänä erikseen.

Suomessa on pitkät perinteet lisäaineiden saannin arvioimisessa. Viimeinen arviointi on tehty vuonna 2000 (Ovaskainen ym. 2000). Sen mukaan lisäaineiden saanti ei ole suomalaisella aikuisväestöllä kansanterveydellinen ongelma, ja riskirajan ylittäviä henkilöitä on hyvin pieni määrä. Nämä ovat tyypillisesti henkilöitä, jotka käyttävät runsaasti ja yksipuolisesti yhtä tuotetta. Niinpä väestötasolla useimpien lisäaineiden saanti on vain prosentin murto-osa ADI-arvosta (hyväksyttävästä päiväsaannista), eniten saaduilla bentsoehapolla ja nitriitillä noin kymmenesosa ADI-arvosta. Viime mainittuja sisältäviä tuotteita käyttävillä kuluttajaryhmillä ADI saatettiin kuitenkin ylittää 1 – 1,5-kertaisesti (Ovaskainen ym. 2000). Niinpä saannin kannalta ongelmalliseksi katsottiin säilöntäaineina käytettävät **bentsoehappo** ja **nitriitti** (ks. myös luku 4.2,4). Molempia esiintyy kuitenkin elintarvikkeissa myös luontaisesti.

**Nitraatti ja nitriitti** ovat tyypillisiä vertailevan riskinarvioinnin ongelmia, koska niitä käytetään lihatuotteissa estämään anaerobisten bakteerien kuten *Clostridium botulinum* kasvua, ja ne ovat siis turvallisuuden kannalta hyödyllisiä. On myös esitetty, että ne toimisivat ruoansulatuskanavassa typpioksidin vapauttajina ja puolustusmekanismina bakteereja vastaan. Toisaalta suuret pitoisuudet ovat vastasyntyneille myrkyllisiä, ja lisäksi on esitetty, että nitriitistä voi syntyä ruoansulatuskanavassa syöpävaarallisia nitrosoamiineja.

Terveyden kannalta selkein näyttö on natriumkloridin eli **ruokasuolan liiallisen saannin** terveysvaikutuksista, se nostaa verenpainetta ja sitä tietä kuormittaa verenkiertoelimistöä ja lisää kuoleman riskiä sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksiin, mahdollisesti myös mahasyöpään. Lainsäädännöllisesti suola ei ole lisäaine.

Edellä mainitussa selvityksessä suositeltiin keskittymistä riskiryhmien identifioimiseen (esim. raskaana olevat, kuntoilijat). Perustiedon saamista varten pitäisi saada seurantajärjestelmä, joka antaisi perustietoa ruoan käytöstä väestön eri ikäryhmissä ja erityisryhmissä. Nämä suositukset ovat edelleen ajankohtaisia.

Julkisuudessa lisäaineiden riskeistä on eniten huolestuttanut syöpäriski. Syöpäriskin suhteen on kuitenkin otettava huomioon, ettei olla edes varmoja siitä, lisääkö lisäaineiden käyttö syöpäriskiä vai vähentääkö se sitä. Kokonaisuudessaan väheneminen on todennäköisempää, koska mm. säilöntäaineet vähentävät syöpää aiheuttavia aineita tuottavien mikrobien (esim. homesienien) kasvua, ja toisaalta lisäaineisiin kuuluu myös antioksidantteina toimivia aineita, joiden oletetaan estävän syöpää mm. happiradikaaleja sitomalla (Doll & Peto, 1981, Conning 1999).

#### 4.4.2. Makua tehostavat aineet

Glutamaatti herätti 1970-luvulla huomiota väitetyyn "kiinalaisen ravintolan syndrooman" takia, mutta tarkemmat tutkimukset eivät ole vahvistaneet kuvattuja vaikutuksia. Glutamaattia saadaan 20 – 30 kertaa enemmän normaalista ravinnosta kuin lisättynä. Joidenkin yksilöiden poikkeavaa reaktiota ei ole voitu sulkea pois, mutta mekanismeja vaikutuksille ei myöskään ole onnistuttu esittämään.

#### 4.4.3. Elintarvikevärit

**Sokerikulöörit** (karamellit) muodostavat 98 % elintarvikkeisiin lisätyistä väreistä. Nämä pääasiassa ruskeat väriaineet syntyvät, kun sokereita kuumennetaan, usein muiden aineiden kuten alkalien, ammoniumyhdisteiden, sulfiittien tai ammoniumsulfiittien kanssa. Niitä käytetään etenkin kolajuomissa ja tummassa oluessa. Ne ovat



seoksia eikä niiden toksisuutta tunneta kovin hyvin. Haitoista ei ole näyttöä, mutta yleisesti käytettyinä aineina ryhmää voitaisiin pitää riskiryhmänä. Luonnonvärit eristetään pääosin kasveista (esim. karoteeni, klorofylli), eikä niistä yleensä oleteta aiheuttavan riskejä. Synteettiset värit ovat yleensä imeytymättömiä. Niistä **atsovärit** ovat ongelmallisimpia ja aiheuttavat allergian tyypisiä oireita, joilla kuitenkin ei yleensä ole immunologista pohjaa. On myös väitetty, että atsovärit liittyisivät ADHD-syndroomaan (lasten hyperaktiivisuussyndroomaan), eikä osuutta pienessä vähemmistössä näitä voida sulkea pois, joskin yhteyttä on testattu mahdollisesti harhaanjohtavan suurilla annoksilla.

#### 4.4.4. Makeuttamisaineet

Nykytiedolla näyttää selvältä, että terveydelle haitallisin makeuttamisaine on liiallisesti käytetty **sokeri**, joka lainsäädännöllisesti ei ole lisäaine. Se lisää välillisen (syömisen kokonaismäärän lisääntyminen) energialisän aiheuttaman lihomisen takia verenpaine-taudin ja sydänsairauksien sekä diabeteksen riskiä. Erityisesti lapsilla se lisää hampaskariesta. Kaikki nämä ovat väestötutkimuksissa epidemiologisesti osoitettavissa.

Kaikkien keinotekoisien makeuttamisaineiden riskit ovat teoreettisia ja perustuvat eläinkokeista tehtyihin arvioihin. Sakariinin ja sykلامaatin seoksen osoitettiin jo 1970-luvulla aiheuttavan suurina annoksina rotalle rakkokasvaimia, mutta ne näyttävät perustuvan suurten annosten aiheuttamiin toissijaisiin vaikutuksiin kuten kiteytymisestä aiheutuviin kudossaurioihin, eikä tuloksia nykyään pidetä riskinarvioinnin kannalta relevantteina. Monet **sokerialkoholit** (esim. sorbitoli, mannitoli ja ksylitoli) aiheuttavat suurina annoksina muutoksia munuaisissa ja lisämunuaisissa, mutta myös näitä vaikutuksia pidetään nykyään epärelevantteina riskinarvioinnin kannalta. Soke-rialkoholien haittana on lähinnä ripuli, joka aiheutuu imeytymättömän aineen osmootisista vaikutuksista.

Aspartaami on aminohappojohdos, joka on 160 – 180 kertaa makeampaa kuin sokeri. Se hajoaa nopeasti aminohappokomponenteikseen, eikä haittavaikutuksia ole todettu. Syntyvä fenyylialaniini aiheuttaa teoriassa riskin fenyyliketonnuriapotilailla, joten heitä varoitetaan aspartaamin käytöstä.

#### 4.4.5. Mausteet ja aromiaineet

Useita tuhansia mausteita ja aromiaineita on käytössä (yleisessä käytössä noin 3500). Suurta osaa niistä ei ole milloinkaan testattu, mutta toisaalta niiden käyttö vuosisatojen aikana antaa tietyn turvallisuuden (Yhdysvalloissa määritelty GRAS, Generally Regar-

ded As Safe). Mausteaineet ovat yleensä maun antajina hyvin voimakkaita, ja tämä rajoittaa "itsensäätelevästi" niiden saantia. Sen takia niiden annokset ovat hyvin pieniä, ja se vähentää haittojen vaaraa. Pitkäaikaisvaikutusten kuten syöpää aiheuttavan ominaisuuden suhteen vuosisatainenaan käyttö ei kuitenkaan anna täyttä varmuutta.

Euroopan yhteisössä on parhaillaan käynnissä kaikkien aromiaineiden turvallisuuden arviointi. EFSA pyrkii arvioimaan yli 1000 aromiainetta heinäkuuhun 2005 mennessä. Keinotekoisilta aromeilta (esim. etyyliivanilliini) on jo aikaisemminkin vaadittu turvallisuustutkimukset ennen niiden hyväksymistä käyttöön. Tässä yhteydessä on laadittu myös luettelo niistä **luonnonmausteissa** todetuista, tiedossa olevista kemiallisista yhdisteistä, joilla on todettu olevan mahdollisia haitallisia vaikutuksia (ns. biologisesti aktiiviset aineet). Nämä aineet ovat: beeta-asaroni, kumariini, 1-allyyli-metoksibentseeni, syaanivetyhappo, mentofuraani, 4-allyyli-1,2-dimetoksibentseeni, pulegoni, kvassiini, 1-allyyli-3,4-metyleenidioksibentseeni, teuksiini A ja tujoni. Näiden aineiden joutumista elintarvikkeisiin joko mausteista tai aromiaineista rajoitetaan.

Arvioinnin yhteydessä on myös kielletty eräiden luonnontuotteissa esiintyvien aineiden käyttö kemiallisena yhdisteenä (puhtaana aromiaineena) niiden toksisuuden takia. Mm. pippureissa ja paprikoissa esiintyvä **kapsaisiini** on hermosoluja ärsyttävä aine, joka on suurina pitoisuuksina neurotoksinen. Sen lisääminen puhtaana aromiaineena kiellettiin, mutta pippureiden ja paprikoiden käytölle ei kuitenkaan nähty tarvetta asettaa rajoituksia. Myös sinapin allyyli-isotiosyanaatti on voimakkaasti ärsyttävä aine. Lakritsin sisältämän glysyrritsiinihapon käyttö puhtaana on kielletty sen aiheuttaman verenpainetta nostavan vaikutuksen takia. Tätä voi aiheutua myös ylenmääräisestä lakritsin käytöstä.

Säteilytys on Suomessa sallittu vain mausteille. Sen tavoitteena on mikrobien aiheuttamien terveystarkien ja pilaantumisen estäminen muutoin vaikeasti steriloitavissa tuotteissa. Se aiheuttaa tuotteissa muutoksia, jotka ovat samantyyppisiä kuin kuumentamisen aiheuttamat mutta vähäisempiä. Terveystarkista haitoista ei ole näyttöä.

#### 4.4.6. Terveystarkien lisäämiseksi lisättävät aineet

Elintarvikkeisiin on hyvin huolellisesti harkiten lisätty tiettyjä **vitamiineja** (esim. A- ja D-vitamiineja) ja hivenaineita (esim. jodia). Samoin lannoitteisiin on lisätty seleeniä Suomen maaperän seleeniköyhyyden takia. Tällaisesta hyvin kontrolloidusta käytöstä ei aiheudu riskejä. Kaupan vapautuessa markkinoille on tullut myös vähemmän harkittuja tuotteita, esim. vitamiinoituja juomia. Kontrolloimaton käyttö erilaisissa terveystuotteissa on aiheuttanut esim. vitamiinien liikasaantia (mm. B6-vitamiini) ja tätä käyttöä tulee valvoa asianmukaisesti.

Reaktiivisten radikaalien osoitettua useissa tapauksissa DNA-vaurion ja siitä seuraavan mutageenisuuden ja karsinogeenisuuden aiheuttajaksi, on pyritty kehittämään keinoja niiden neutraloimiseksi. On vahvaa epidemiologista näyttöä siitä, että runsas hedelmien ja vihannesten käyttö vähentää syöpäriskiä. Tämän ajatellaan liittyvän **antioksidanttisten vitamiinien ja hivenaineiden** saannin lisääntymiseen, mutta asian yksiselitteinen osoittaminen on tavattoman vaikeaa. Näiden lisäksi kasveissa voi olla muita riskiä vähentäviä aineita, mutta tieto ei ole tarpeeksi vahva niiden hyötyjen ja mahdollisten haittojen arvioimiseksi. Yksittäisten aineiden kuten beetakaroteenin käytöstä ei ole epidemiologisesti voitu osoittaa olevan hyötyä.

Tyydyttyneiden rasvahappojen saannin vähentämiseksi on useita vuosikymmeniä suositettu etenkin monitydyttymättömien kasviöljyjen käyttöä eläinrasvojen sijasta. Levitteiden kuten margariinien saamiseksi näitä on osittain kovetettu kemiallisesti. Tällöin syntyy sivutuotteena **trans-rasvahappoja**, joiden terveydellisistä haitoista ei ole täyttä selvyyttä. EFSA:n tiedelautakunta (The Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, NDA) selvitti vuonna 2004 niiden vaikutuksia terveyteen. Niiden tiedetään nostavan haitallisen LDL-kolesterolin tasoa samoin kuin tyydyttyneiden rasvahappojen, mutta muista epäillyistä vaikutuksista kuten syövän tai diabeteksen aiheuttamisesta tieto on heikkoa ja ristiriitaista. Saanti on viime vuosina vähentynyt, koska teollisuus pyrkii pienentämään niiden pitoisuuksia tuotteissa. Kolesterolia alentavista kasvisteroleista kokemus on vielä varsin lyhyt.

Suoliston mikrobistoa pidetään yhtenä elimistön tärkeimmistä ja aktiivisuudeltaan suurimmista kudoksista, mutta sen synty ja kehitys ja siihen vaikuttavat ravintotekijät tunnetaan huonosti. Kliinisissä interventiotutkimuksissa **probioteilla** (hyödyllisillä mikrobeilla ja niiden tuotteilla) on saavutettu merkittäviä tuloksia niiden vaikutuksista ja tehosta joidenkin sairauksien ravintohoidossa. Nämä muodostavat pohjan ravinnon, mikrobiston ja terveyden yhteyksien tutkimukselle. Käytössä olevilla probioteilla on turvallinen käyttöhistoria ja niiden ominaisuudet on tarkkaan selvitetty. Mikrobien aiheuttamia bakteremioita seurataan jatkuvasti, eikä probioottien käytöllä ole havaittu haitallisia vaikutuksia (Gueimonde et al., 2004).

Kuntosalien ja vastaavien on Elintarvikeviraston selvityksessä todettu noudattavan huonosti elintarvikemääräyksiä. Osa jättää tekemättä viranomaisille elintarvikehuoneistoilmoituksen, jolloin niitä ei osata valvoa, eikä omavalvonta toimi. Myös tuotteet olivat usein elintarvikemääräysten vastaisia. Koska näissä paikoissa on tietty paine myydä lisäravinteita, kivennäisaineita ja vitamiineja, seuraa valvonnan ja ammattitaidon puutteesta riskiä. Lisäksi muutamien tuotteiden turvallisuus on asetettu kansainvälisestikin kyseenalaiseksi. EFSA on arvioinut vuonna 2004, että lisäravinteena käytetystä kreatiinista ei todennäköisesti aiheudu riskiä. Väkevoityinä käytettävien tuot-

teiden huonosti valvottu käyttö on riski, johon on kiinnitettävä huomiota. Samassa yhteydessä on valvottava, ettei kunnon kohottamiseen ja kehonrakentamiseen liittyä laitonta ja vaarallista hormonien ja vastaavien tuotteiden kauppaa ja käyttöä.

#### 4.4.7. Johtopäätökset ravintoon tarkoituksellisesti lisätyistä aineista

Varsinaisten elintarvikkeiden lisäaineiden joukossa ongelmallisimmat aineet ovat **bentsoehappo** ja **nitriitti**, joiden hyväksyttävät päiväsaannit saattavat lievästi ylittyä joissakin väestöryhmissä. Turvallisuusmarginaalien takia tämä ei vielä merkitse terveysvaikutusten ilmenemistä. Väestön tasolla ongelmallisin aine on osittain kivennäisaineena ja osittain maku- ja säilöntäaineena käytetty **ruokasuola**, jonka sydän- ja verisuonisairauksia aiheuttavista ominaisuuksista on vakuuttava näyttö. Se voi myös lisätä tiettyjen suolistosyöpien riskiä. Samoin sekä ravintoaineena että makeuttamisaineena käytetty **sokeri** aiheuttaa liiallisesti käytettynä merkittäviä terveysriskejä. Atsovärit voivat aiheuttaa allergian kaltaisia oireita. Huonosti valvottu **lisäravinteiden myynti ja käyttö** (esim. kuntoiluun liittyen) aiheuttaa riskejä, joten niiden valvontaa tulee tehostaa.

Uuselintarvikkeista ja terveysväittämiin liittyvistä tuotteista on EU-lainsäädännön perusteella tehtävä kattava turvallisuusarviointi, ja lainsäädäntö on edelleen kehittämässä. Tämä olisi tyypillinen alue, jossa tulisi tehdä hyöty-haitta-arviointi, eikä pelkästään haittojen arviointi. Arvioinnissa tulisi ottaa huomioon myös interaktiot tavallisimpien lääkkeiden kanssa.

### 4.5. Ravinnon valmistuksessa tahattomasti syntyvät kemikaalit

#### 4.5.1. Akryyliamidi

Keväällä 2002 Ruotsin elintarvikevirasto löysi useista paistetuista tai öljyssä keitetyistä elintarvikkeista merkittäviä pitoisuuksia akryyliamidia. Sitä oli erityisesti perunastujen, ranskanperunoiden ja näkkileivän tyyppisissä suhteellisen korkeassa lämpötilassa kypsennettävissä tuotteissa. Aineesta on eläintoksikologista ja työtoksikologista tietoa, mutta mahdollisista vähäisen altistuksen pitkäaikaisvaikutuksista ei ollut mitään tietoa. Esiin nousivat lähinnä syöpäriski ja hermostovauriot. Jälkimmäistä ei pidetty alun perinkään todennäköisenä riskinä, ja useat tieteelliset asiantuntijaryhmät arvioivat syöpäriskin suuruutta (WHO 2002, EU Scientific Committee on Food 2002). Muodostumisen pohjana näyttää olevan kaikessa paistamisessa olennainen Maillardin reaktio ja olennainen aminohappo on asparagiini, jota on runsaasti mm. perunassa. On mahdollista, että akryyliamidista aiheutuu vähäinen syöpäriskin lisäys. Nuorison käyttötottumuksista (esim. perunastujen ja ranskanperunoiden käytön yksilöllisistä erois-

ta) ja erityisryhmien altistumisesta ei ole luotettavaa tietoa. Siksi teollisuudessa pyritään kehittämään valmistusmenetelmiä, joissa muodostuminen olisi mahdollisimman vähäistä. Akryyliamidin muodostumista kotona tapahtuvan ruoanlaiton yhteydessä ei ole kovin hyvin selvitetty.

#### 4.5.2. Mutageeniset aineet

Lihaa ja kalaa kuumennettaessa syntyy mutageenisia aineita, joista parhaiten tutkittuja ja karakterisoituja ovat **heterosykliset amiinit**. Eräät näistä on osoitettu myös syöpää aiheuttaviksi jyrsijöillä. Käytetyt annokset ovat kuitenkin olleet niin suuria, että tulosten merkitystä ihmisen riskille ei ole kyetty arvioimaan. Hiillostetuissa, savustetuissa ja grillatuissa tuotteissa on myös **polysyklisiä hiilivetyjä (PAH)**, jotka ovat suurina annoksina eläimille syöpää aiheuttavia. Paistettua lihaa syöneillä virtsaan erittyvä mutageenisuus liittyy selvemmin heterosyklisiin amiineihin kuin polysyklisiin hiilivetyihin. Mutageenisten yhdisteiden syntymistä voidaan vähentää alentamalla paistolämpötilaa. Vertailu keuhkojen kautta saatavaan altistukseen (tupakointi, ilmansaasteet) on vaikeaa, koska vaikka määrät ravinnossa ovat varsin suuria, aineet joutuvat niitä tehokkaasti pilkkovien suolenseinämän ja maksan entsyymien metabolointiaktiivisuuden kohteeksi. Syöpätilastoissa selvästi näkyvä mahasyövän väheneminen on yhdistetty savustettujen, voimakkaasti suolattujen ja mikrobiologisesti pilaantuneiden elintarvikkeiden vähenemiseen parantuneen hygienian ja tehostuneen kylmäsäilytyksen ansiosta. Tämä on esimerkki riski-hyötyanalyysin tärkeydestä, koska kuumentaminen ja suola vähentävät mikrobiologisia riskejä (esim. ruokamyrkytyksiä), mutta voivat lisätä syöpäriskiä.

#### 4.5.3. Johtopäätökset tahattomasti syntyvistä kemikaaleista

Ruoanvalmistuksessa syntyvien karsinogeenisten ja muiden aineiden merkitys ihmisen terveydelle on epäselvä. Niiden joukossa on useita koe-eläimillä syöpää aiheuttavia aineita, ja ongelmana on arvioida useimmiten tuhansia kertoja pienempien annosten mahdollinen vaikutus ihmiselle. Mahdollisesti jokin osa ravintoon selvästi liittyvästä syöpäriskistä liittyy näihin aineisiin, mutta riskin suuruutta ei pystytty arvioimaan. Se on kuitenkin selvästi pienempi kuin esim. liialliseen energiamäärään (ja mahdollisesti kovien rasvojen ja punaisen lihan käyttöön) liittyvä syöpäriski. Toisaalta se voi olla huomattavasti merkittävämpi kuin kansalaisille huolta aiheuttava lisäaineisiin ja torjunta-ainejäämiin liittyvä riski.

## 4.6. Ravinnon nauttimisen yhteydessä saatavat kemikaalit

### 4.6.1. Astioista ja pakkauksista irtoavat vieraat aineet

Elintarvikevirasto on julkaissut pakkausmateriaaleista vuonna 2004 selvityksen (Elintarvikevirasto 2004 c). Siinä kuvataan lainsäädännöllinen tilanne ja EU:n vaikutus siihen ja etenkin EU:n piirissä käytettäviä tietolähteitä.

Muovituotteiden pehmittiminä käytetyt **ftalaatit** ovat olleet vuosia keskustelun kohteena ensin lähinnä syöpäriskiepäilyjen ja viime aikoina pääasiassa mahdollisten hormonaalisten vaikutusten takia. EFSA:n AFC-tiedelautakunta katsoi vuoden 2004 alkupuolella, että useiden ftalaattien siirtymisestä elintarvikkeisiin puuttuu tietoa, joka tulisi ensin hankkia mahdollisten tarvittavien toksikologisten lisätutkimusten harkitsemiseksi. EU:n puitteissa on paineita ftalaattien käyttörajoituksiin, joten tätä aluetta on syytä aktiivisesti seurata.

**Semikarbatsidi** herätti huolta vuoden 2004 alussa, kun pieniä määriä löytyi lastenruokasäilykkeistä. Lähteeksi paljastuivat lasipurkkien kannen tiivisteet, jotka oli valmistettu atsodikarbonamidia käyttäen. Semikarbatsidi on heikko syöpää aiheuttava aine. EFSA:n asiantuntijaryhmä arvioi riskin todetuista hyvin pienistä määristä hyvin pieneksi. Koska lastenruokapurkkien tiivis sulkeminen varmistaa tuotteen mikrobiologisen laadun, ei olisi viisasta käyttää huonompia tiivisteitä, ja lisätä mikrobiologisia riskejä. Siksi suositellaan tuotekehitystä. Atsodikarbonamidin käyttö paisuteaineena kuitenkin kielletään 2.8.2005 alkaen, koska EU:n tiedekomitea on määritellyt siitä kuumennettaessa muodostuvan semikarbatsidin lievästi karsinogeeniseksi ja genotoksiseksi. Atsodikarbonamidista on tällä hetkellä säädetty EY direktiivissä 2002/72/EY.

**Alumiini** on kaloille hyvin myrkyllistä, mutta myrkyllisyys perustuu kidusten ionikuljetuksen häiriöihin, joten siitä on vaikea vetää johtopäätöksiä ihmiseen. Alumiinin haitallisuudesta on kiistelty yli 100 vuotta, mutta yleisesti sitä on päädytty pitämään myrkyttömänä, mitä osoittaa myös suurten annosten käyttö mahahaavalääkkeissä ilman muita haittoja kuin ummetusta aiheuttava taipumus. Alumiini on myös maaperän yleisimpiä alkuaineita. Kun runsaasti alumiinia sisältävää tislamatonta vettä on käytetty dialyysiliuosten tekoon, on aiheutunut dementiaa, osteoporoosia ja anemiam. Juomaveden alumiinista julkaistut tutkimukset ovat ristiriitaisia (ks. Juomavesi luku 3.3.3.). Ravinnossa oleva alumiini imeytyy huonommin mutta sitä on enemmän, se tulee pääasiassa ympäristöstä ja vähemmän astioista. Riskejä ei pidetä suurina, mutta kokonaan niitä ei voida sulkea pois.

**Kupari** on suhteellisen myrkyllinen mutta toisaalta välttämätön ja elimistön hyvin tarkasti säätelemä aine. Paikallisesti kuparisuolat aiheuttavat ruoansulatuskanavan ärsytystä, jonka takia kupariastiat on perinteisesti tinattu sisältä.

**Nikkelin** ja **kromin** terveysvaikutukset liittyvät hitsaus- ym. huuруjen aiheuttamaan nenä- ja keuhkosityöpäriskii ja paikallisesti aiheutuviin ihottumiin (ks. Työterveyslaitoksen työperäisiä kemikaalialtistuksia ja riskejä koskeva selvitys, 2005). Nikkeliä ja kromia on ruostumattomassa teräksessä, mutta niistä liukenevan nikkelin ja kromin ei tiedetä suun kautta saatuna aiheuttavan terveysongelmia. Molemmat ovat myös välttämättömiä hivenaineita ja ne erittyvät melko nopeasti virtsaan. Nikkelialtistuminen on lisääntynyt nikkelipitoisten eurokolikoiden tultua käyttöön.

**Lyijyä** voi liueta keraamisista astioista. Tullilaitoksen mukaan vuosittain lähinnä maahantuodussa keraamisissa astioissa todetaan jatkuvasti raja-arvojen ylityksiä. Elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvan pinnan kohdalla lyijyn enimmäismäärä on  $0,50 \text{ mg/dm}^2$  ja lapsille tarkoitetuissa tarvikkeissa  $0,05 \text{ mg/dm}^2$  (KTM päätökset 267/92 ja 268/92). Keraamisista tarvikkeista on olemassa oma erityinen EU säädöksensä, joka uudistettiin hiljakkoin. Sen mukaan lyijyn ominaissiirtymäraja-arvo on  $0,2 \text{ mg/kg}$  ja kadmiumin  $0,02 \text{ mg/kg}$ . Simulanttina analytiikassa käytetään tällöin 4 % etikkahappoa ja määritysmenetelmälle on lisäksi annettu erityisiä vaatimuksia.

**Muovi-** tai **kuitupohjaiset materiaalit** edustavat suurinta osaa elintarvikkeiden pakkausmateriaaleista. KTM asetuksessa 953/2002 elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista tarvikkeista määritellään muovimateriaalille asetetut vaatimukset, tämä asetus täyttää EY:n komission direktiivin 2002/72/EY vaatimukset. Eräistä muista pakkausmateriaaleista (sellofaanit, keramiikan raskasmetallit vinyylimonomeerien määrä PVC muovissa) on olemassa yhteistä eurooppalaista säädäntöä, mutta monelta alalta (lasi, kumi, vahat, tekstiilit, puu, metallimateriaalit) yleiset normit puuttuvat. Joulukuussa 2004 on annettu Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetus No 1935 elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista ja direktiivien 80/590/ETY ja 89/109/ETY kumoamisesta. Se koskee lähes kaikkia materiaaliryhmiä. Asetuksen perusteella valmistellaan parhaillaan elintarvikemuoveja koskevaa nk. "superasetusta", joka sekin on loppusuoralla. Superasetukseen koottaisiin kaikki voimassa olevat Yhteisön yksittäisiin muoveja koskeviin direktiiveihin sisältyvät asiat. Muovidirektiiveissä säädetään, mitä monomeereja, muita lähtöaineita ja muovien lisäaineita saa käyttää (positiiviluettelot). Siinä myös yksilöidään tiettyjen luetteloissa olevien aineiden ominaissiirtymien raja-arvoja (SML; Specific Migration Limit) ja ellei niitä ole annettu, tulee aineiden siirtymän olla kokonaismigraation rajan ( $60 \text{ mg/kg}$  tai  $10 \text{ mg/dm}^2$ ) sisällä.

Kierrätysmateriaaleista KTM:n **paperi-** ja **kuitumateriaaleja** koskevan päätöksen (143/1993) mukaan vain teollisuudesta ja konttoreista peräisin olevaa keräyspaperia on mahdollista käyttää kuitumateriaalin raaka-aineena, jota edelleen käytetään vain kuorittavien tai pestävien elintarvikkeiden pakkaamiseen. Paperin ja kartongin osalta ei ole erityisiä EU säädöksiä, mutta eri jäsenmaissa ollaan harkitsemassa Euroopan neuvoston antaman elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvaa kierrätettävää paperia ja kartonkia koskevan suosituksen hyväksymistä.

#### 4.6.2. Ruokailuympäristön aiheuttamat riskit

Huolestuttava viime vuosien kehitys Suomessa on ollut elintarvikehuoneistojen leviäminen niille sopimattomiin ympäristöihin. Tyypillisin tällainen on huoltoasema, jossa kahviotila on samassa tilassa autokemikaaleja sisältävien huoltoasematoimintojen kanssa. Suuri osa historian tuntemista elintarvikkeiden saastumiskatastrofeista on perustunut siihen, että elintarviketoimintoja ei ole pidetty erossa niiden kanssa yhteen sopimattomista toiminnoista. Parationia ja endriiniä on useissa joukkomyrkytystapauksissa joutunut elintarvikkeisiin joko erehdyksen tai varastossa tapahtuneen jauhosäkkien kontaminoitumisen takia. Tilan kontaminoituminen on voinut sattua jopa viikkoja aikaisemmin kuin elintarvikkeiden säilytys. Belgiassa ravintolasta rehuksi menevän jäterasvan sekaan oli kaadettu myös muuntajaöljyä, josta seurasi vuosia kestävä PCB- ja dioksiinikriisi Belgialle ja Euroopan Unionille. Useimmiten tapahtuneen ei pitänyt olla mahdollista, mutta kun erilaisia toimintoja ei erotettu toisistaan, epätoennäköinenkin saastuminen sattui.

**Elintarvikehuoneistojen turvallisuus voidaan säilyttää vain, jos niillä on täysin omat tilat ja varastotilat sekä oma henkilökunta.** Yhteinen henkilökunta aiheuttaa sekä hygieniariskin (esim. käsien välityksellä elintarvikkeisiin siirtyvät kemikaalit) että mahdollisuuden esim. ruokaöljyjen ja auton öljyjen sekaantumiselle.

#### 4.7. Johtopäätöksiä ravinnon riskeistä ja suosituksia

Ravinnon osalta ovat erityisen keskeisiä riskin muodostumisen yleiset periaatteet. Riski muodostuu kahdesta toisistaan riippumattomasta komponentista, altistuksen suuruudesta, sekä aineen toksisuudesta ja toksisuuden voimakkuudesta. Siten aineen riskipotentiaali (eli sen teoreettinen kyky aiheuttaa riskiä) ja toisaalta riskin aiheutuminen todellisuudessa ovat kaksi eri asiaa, ja tämä on aina keskeistä ottaa huomioon. Hyvin lievästi myrkyllinen aine voi aiheuttaa suuren määrän sairauksia ja kuolemantapauksia, jos altistus on hyvin suuri (esim. suola, alkoholi). Toisaalta hyvin myrkyllinen aine voi olla varsin vaaraton, jos altistus voidaan lainsäädännöllä ja koulutuksel-



la pitää hyvin hallinnassa (torjunta-ainejäämät) tai sillä ei ole ilmeisiä reittejä ihmiselimistöön altistuksen aiheuttamiseksi (saastuneiden maiden dioksiinit).

**Torjunta-aineissa** on aineryhmän luonteesta johtuen hyvinkin toksisia ja haitallisia aineita, mutta tiukan ennakoarvioinnin, ammattitaitoisen käytön ja tehokkaan valvonnan takia tämä kemikaaliryhmä ei kuulu kaikkein ongelmallisimpiin. Siksi niistä ravinnon kautta aiheutuvat terveysriskit eivät ole Suomessa merkittäviä. Suurimmat altistukset tulevat tuontitavaroissa olevista aineista. **Kaupan vapautuessa ongelmat lisääntyvät**, koska monissa maissa käyttö on huomattavasti laajempaa ja huonommin kontrolloitua kuin Suomessa.

**Raskasmetalleista** tällä hetkellä merkittävin ravinnon kautta terveysriskejä aiheuttava yhdiste on **metyylielohopea**, josta voi aiheutua yksipuolisesti petokalaa syöville varsin suuri altistus. Ongelma vähenee, kun kalaa käytetään monipuolisesti ja vältetään yhden kalalajin (tonnikala, hauki) jatkuvaa käyttöä.

**Dioksiininkaltaisten aineiden** osalta terveysvaikutukset näyttävät suurimman altistuksen aikana 1970-luvulla olleen todellisia. Altistus on olennaisesti vähentynyt, mutta uusia aineita kuten polybromattuja ja polyfluorattuja hiilivetyjä on syytä pitää silmällä.

**Luonnon omat kemikaalit**, joita on ravinnossa jääminä tai luonnostaan, ovat yhtä merkittäviä kuin epäpuhtautena olevat synteettiset kemikaalit. Ne ovat kuitenkin julkisuudessa huonommin tunnettuja ja ruokakulttuurin globalistuminen voi lisätä niitä.

**Elintarvikkeiden lisäaineiden** joukossa ongelmallisimmat aineet ovat **bentsoehappo** ja **nitriitti**, joiden hyväksyttävät päiväsaannit saattavat lievästi ylittyä joissakin väestöryhmissä. Turvallisuusmarginaalien takia tämä ei vielä merkitse terveysvaikutuksien ilmenemistä. Väestön tasolla aiheuttavat eniten terveysriskejä aineet, jotka eivät lainsäädännössä ole lisäaineita, kuten liiallisissa määrin käytettävät, maun takia ja säilöntätarkoituksessa elintarvikkeisiin lisättävät ruokasuola ja sokeri. Huonosti valvottu lisäravinteiden myynti ja käyttö (esim. kuntoiluun liittyen) aiheuttaa riskejä, joten niiden valvontaa tulee tehostaa.

**Ruoanvalmistuksessa syntyvien** karsinogeenisten ja muiden aineiden merkitys ihmisen terveydelle on epäselvä. Mahdollisesti jokin osa ravintoon selvästi liittyvästä syöpäriskistä liittyy näihin aineisiin, mutta riskin suuruutta ei pystytty arvioimaan.

**Elintarviketuoneistojen** turvallisuudesta on syytä kantaa huolta, kun elintarvikkeita käsitellään samoissa tiloissa muiden tuotteiden kanssa. Yhteinen henkilökunta aiheuttaa sekä hygieniariskin (esim. käsien välityksellä elintarvikkeisiin siirtyvät kemikaalit) että mahdollisuuden esim. ruokaöljyjen ja auton öljyjen sekaantumiselle.

#### 4.8. Yhteenvedo ravintoa koskevista suosituksista

*Torjunta-aineiden tiukka ennakkotarkastus ja käytön valvonta on olennainen ja hyvin toimivaa systeemiä tulee jatkaa. Jäämien valvonta on erityisen tärkeää maailmankalauksen vapautuessa.*

*Kotimaisten petokalojen osalta kalan syöntisuositukset ovat tiedossa, mutta valistustyötä eri kalalajien monipuolisesta käytöstä tulee jatkaa. Tiettyjen kalalajien (esim. hauki, tonnikala) yksinomainen käyttö saattaa johtaa liialliseen metyylielohopea-altistukseen. Altistuminen orgaanisille tinayhdisteille on syytä selvittää.*

*Orgaanisten ympäristössä kestävien ja kertyvien aineiden seuranta on edelleen kehitettävä ja kiinnitettävä erityistä huomiota uusiin aineisiin. Vesieliöstön ravintoketju pysyy tärkeänä valvottavana ja arvioitavana altistumistienä.*

*Luonnon omien kemikaalien esiintyminen ravinnossa on jäänyt liian vähälle huomiolle, ja tämä olisi integroitava elintarvikkeiden riskinarviointiin. Riskejä tulee pyrkiä vähentämään valistuksella ja valvontatoimilla.*

*Elintarvikkeiden lisäaineista huomio kohdistuu usein terveydellisesti vähäpätöisiin aineisiin, ja valistuksessa tulisi kiinnittää suurin huomio niihin aineisiin, joiden terveysvaikutuksista on selvä näyttö. Nämä ovat usein kuluttajan itsensä vallassa olevia aineita (suola, sokeri), joiden riskejä ei osata tai (kuten alkoholin) ei haluta pelätä. Uutena ongelmana ovat kritiikittömästi käytettävät lisäravinteet esim. kuntoilussa.*

*Ruoanvalmistuksessa syntyvien aineiden osuus terveyteen on epäselvä ja se ansaitsee tutkimuspanostusta.*

*Jotta pystyttäisiin seuraamaan haitallisten aineiden saannille erityisesti altistuvia riskiryhmiä, tulee ruoankulutustietojen keräämistä ja ylläpitoa kehittää, erityisesti lasten ja nuorten kulutustottumuksista on huonosti tietoa.*

*Elintarvikehuoneistojen turvallisuudesta tulee pitää kiinni ja vaatia, että niillä on omat tilat ja varastotila sekä oma henkilökunta niin hygieniariskien kuin erehdyksessä tapahtuvan sekaantumisen välttämiseksi.*

*Kaiken kaikkiaan Suomessa on varsin hyvä lainsäädäntö ja riskien pitäminen hallinnassa edellyttää valvonnan ja valistuksen jatkamista ja eräin kohdin tehostamista.*

## Kirjallisuutta

- 267/92 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista keraamisista tarvikkeista
- 268/92 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista tarvikkeista liukenevista raskasmetalleista
- 521/1992 Asetus elintarvikelisiäaineista
- 143/1993 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvasta paperista ja kartongista
- 282/1994 Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä
- 1204/1994 Torjunta-ainelaki
- 792/1995 Torjunta-aineasetus
- 98/1996 Maa- ja metsätalousministeriön päätös torjunta-aineiden rekisteröintihakemuksen yhteydessä toimitettavia tietoja ja tutkimuksia koskevista vaatimuksista
- 953/2002 KTM asetus elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista tarvikkeista
- 91/414/ETY Kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamista koskeva neuvoston direktiivi (91/414/ETY), muutoksineen
- 2002/72/EY Komission direktiivi, annettu 6 päivänä elokuuta 2002, elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista tarvikkeista
- 1935/2004 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus, annettu 27 päivänä lokakuuta 2004, elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista ja direktiivien 80/509/ETY ja 89/109/ETY kumoamisesta

Conning DM. Toxicology of food and food additives. Kirjassa General and Applied Toxicology, toim. B. Ballantyne, T. Marrs, T. Syversen, Macmillan Reference, Ltd. Lontoo 1999.

Doll R, Peto R. The causes of cancer. Quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. J Natl Cancer Inst 1981;66: 1191-1308.

EFSA: Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission to assess the health risks to consumers associated with exposure to organotins in foodstuffs. The EFSA Journal 2004;102:1-119.

Elintarvikevirasto, Tullilaboratorio. Hedelmien vahamaiset pintakäsittelyaineet. EVI; Tullilaboratorio1/2000.

Elintarvikevirasto. Tiedote 28.04.2004 - Uudistetut kalan syöntisuositukset EU-kalattutkimushankkeen seurauksena, Tiedotteet/2004.

Elintarvikevirasto. Pesticide residue monitoring in Finland - 2003. Fruit, vegetables and cereals. National Food Agency publications 9/2004 b.

Elintarvikevirasto. Elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvat tarvikkeet - vaatimukset ja valvontavelvoitteet. Elintarvikevirasto 8/2004 c.

Elintarvikevirasto. Torjunta-aineiden saannin arviointi kasviksista ja viljasta. Tutkimuksia 10/2000.

EU. Scientific Committee on Food: Opinion of the scientific Committee on Food on new findings regarding the presence of acrylamide in food ([http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/index_en.html)).

EU SCALE-ohjelma. Integrated monitoring of dioxins and PCBs in the Baltic region ([www.environmentandhealth.org](http://www.environmentandhealth.org) ja [http://europa.eu.int/comm/environment/health/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/health/index_en.htm) )

Gueimonde M, Ouwehand A, Salminen S. Safety of probiotics. Scand J Nutr 2004; 11-17.

KTTK: Torjunta-aineet 2003.

MMM. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmä. Eläinten lääkityksen ympäristövaikutukset. Eläinlääkintä- ja elintarvikeosaston julkaisuja 2/2000.

MMMp. Maa- ja metsätalousministeriön päätös 20/EEO/1997.

Ovaskainen M-L, Penttilä P-L, Korpela K, Valsta L,. Elintarvikkeiden saannin arviointi suomalaisella aikuisväestöllä. EVI Tutkimuksia 2/2000.

PMN (Pohjoismaiden ministerineuvosto). Perfluorinated alkylated substances in the Nordic environment, 2004, [http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pfas\\_nmr2004.pdf](http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pfas_nmr2004.pdf)

Savela M-L, Hynninen E-L, Blomqvist H. Pesticide sales in 2002; Upward trend continues. Kemia-Kemi 2003;30: 61-63.

Tilastokeskus. Ympäristötilasto 2004. Ympäristö ja luonnonvarat 2004:2.

Vahteristo L, Lyytikäinen T, Venäläinen E-R, Eskola M, Lindfors E, Pohjanvirta R, Maijala R. Cadmium intake of moose hunters in Finland from consumption of moose meat, liver and kidney. *Food Addit Contam* 2003;20: 453-463.

WHO. FAO/WHO Consultation on the health implications of acrylamide in food. Summary report of a meeting held in Geneva, 25-27 June 2002  
(<http://www.who.int/fsf/>)

## 5 KOSMEETTISET TUOTTEET

**Raili Venäläinen, Hannu Komulainen**

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

### 5.1. Johdanto

Sana kosmetiikka yhdistetään monesti yksinomaan naisten käyttämiin kauneudenhoitotuotteisiin eli hajuvesiin, huulipunaan, ripsiväreihin ja puutereihin, mutta kosmeettisilla tuotteilla tarkoitetaan paljon laajempaa tuoteryhmää, jota lähes jokainen suomalainen päivittäin käyttää. Shampoot, saippuat ja hammastahnat ovat yleisesti käytössä olevia kosmeettisia tuotteita, samoin ihovoiteet ja aurinkorasvat, joita käyttävät sekä naiset, miehet että lapset.

**Kosmeettisella valmisteella** (lopputuote) tarkoitetaan ainetta tai valmistetta, jonka tarkoituksena on **ulkoisesti käytettynä** puhdistaa, suojata tai pitää hyvässä kunnossa ihmisen kehon ulkoisia osia, hampaita tai suun limakalvoja (Laki kosmeettisista valmisteista 22/2005). EY:n kosmetiikkadirektiivin (76/768/ETY) mukaan valmisteet, joiden sisältämät aineet tai valmisteet on tarkoitettu nautittavaksi, hengitettäväksi, ruiskutettavaksi tai istutettavaksi ihmiskehoon, eivät kuulu direktiivin piiriin. Kosmetiikkalain mukaan **kosmeettisella ainesosalla** tarkoitetaan kosmeettisen valmisteen koostumukseen kuuluvaa synteettistä tai luonnollista kemiallista ainetta (lukuun ottamatta hajusteiden ja aromaattisten aineiden yhdisteitä). Kosmeettiset valmisteet ovat siis **seos kemiallisia aineita**, vaikka niitä useimmiten ei sellaisena koetakaan. Kuluttajat suhtautuvat kosmetiikkaan hyvin eri tavalla kuin muihin kemiallisiin aineisiin. Kosmetiikan käyttö koetaan vapaaehtoisena tai jopa turhamaisena, vaikka kosmeettisten valmisteiden käyttö on jokaiselle välttämätöntä henkilökohtaisessa puhtauden hoidossa. Toksikologian ja terveysriskin arvion kannalta kysymys on kemiallisista aineista, joihin tulee suhtautua lähtökohtaisesti samalla tavalla kuin muihin kemiallisiin altisteisiin.

Kosmetiikkaa koskee oma lainsäädäntönsä, joka poikkeaa usealta osin kemiallisia aineita koskevasta lainsäädännöstä, vaikka kyseessä olisi sama kemikaali. Kuitenkin myös kosmetiikkaan liittyy terveyshaittoja. Selvitystyön kuluessa on käynyt ilmi, että kosmetiikkaa koskevia säädöksiä ja käytäntöjä tunnetaan huonosti. Siksi kosmetiikkaan liittyvää lainsäädäntöä ja menettelyjä kuvataan yksityiskohtaisesti, jotta kosmetiikkaa koskevia suosituksia voidaan perustellusti arvioida. Jotkut kosmeettiset val-

misteet rinnastetaan helposti lääkkeisiin. Kosmeettisilta valmisteilta ei kuitenkaan käytännössä edellytetä samanlaista turvallisuustasoa.

## **5.2. Kosmetiikan käyttö**

Jokainen käyttää kosmeettisia tuotteita päivittäin. Valikoima riippuu iästä ja sukupuolesta. Kosmeettisille valmisteille altistuminen on jatkuvaa, pieninä annoksina päivittäin toistuvaa altistumista, joka kestää usein koko elinajan. Altistumiselle on myös tunnusomaista, että saman päivän aikana käytetään useita eri valmisteita, enimmillään jopa 10-20 tuotetta. Samaa kosmeettista tuotetta (ihovoide, shampoot) voidaan käyttää jatkuvasti jopa vuosikymmenten ajan. Valmiste levitetään useimmiten suoraan iholle. Se joko huuhdellaan pois (esimerkiksi shampoot) tai jätetään iholle (ihovoiteet). Kosmeettiset valmisteet pääsevät myös limakalvoille, kuten hammastahnat, huulipunat ja aroille ihonalueille kuten silmän ympärille tai limakalvoille intiimihygieniasa. Hengitysteitse voidaan altistua esim. deodoranteille ja hiuslakoille. Mahdollisten terveyshaittojen kannalta kriittisin ryhmä on alle 1-vuotiaat lapset, joilla on ohut iho ja joiden kehon pinta-ala on suuri suhteessa painoon. Tästä on esimerkkinä heksaklorofoonin aiheuttamat hermostovauriot 1970-luvun alusta. Kosmetiikan ainesosille altistutaan keskimäärin yhtä yleisesti kuin esimerkiksi elintarvikkeiden lisäaineille.

Suurimman kosmeettisten valmisteiden tuoteryhmän muodostavat shampoot ja hiusenhoitovalmisteet. Shampoita suomalaiset käyttävät keskimäärin 1 litra/henkilö/vuosi. Ihonhoitovalmisteiden ja hammastahnojen käyttömäärästä ei ole saatavilla ajan tasalla olevia kulutustietoja.

Kosmeettisten ja hygieniavalmisteiden nettomyynti oli Suomessa v. 2003 320 miljoonaa euroa, joista kotimaisten valmisteiden osuus oli 51 miljoonaa euroa ja tuonnin osuus oli 269 miljoonaa euroa eli 84 %. Taulukkoon 5.1 on koottu kosmeettisten valmisteiden nettomyyntitiedot, jotka perustuvat Teknokemian yhdistyksen jäsenten myynti-ilmoituksiin, arvoperuste on nettolaskutushinta asiakkaille (kauppiaille) ilman arvonlisäveroa ([www.teknokem.fi](http://www.teknokem.fi)). Sen mukaan tuoksuvalmisteiden, meikkien ja suun ja hampaidenhoitovalmisteiden myynti on ollut kasvussa.

**Taulukko 5.1 Kosmeettisten, hygieniavalmisteiden ja kampaamoalan valmisteiden nettomyynti v. 2003**

Tuoteryhmä	Miljoonaa euroa	Muutos 2003/2002
Shampoot, hiustenhoitoaineet, hiusvärit, muotoiluvalmisteet	116.4	2.0%
Ihohoitovalmisteet	73.9	2.8%
Meikkivalmisteet	49.9	10.6 %
Saippuat ja kylpyvalmisteet	20.7	0.1%
Deodorantit, antiperspirantit	19.8	-1.4%
Suun ja hampaidenhoitovalmisteet	18.5	7.3%
Tuoksuvalmisteet	10.8	10.7%
Partavedet ja balsamit	2.9	-5.4%
Muut miesten tuoksuvalmisteet	2.1	-3.0%
Partavaahdokkeet	1.5	-29.7%

Henkilökohtaiseen puhtauden ja kauneuden hoitoon käytettävien tuotteiden käyttö-  
määristä on vaikea saada tietoja, mutta esim. yksityiset kosmeettisten ja toaletti-  
valmisteiden kulutusmenot ovat kasvaneet 38 % vuosina 1993 - 2003 ja viimeisen viiden  
vuoden aikana 16 % (Tilastokeskus, 2003). *Kosmeettisten valmisteiden käyttöä ja  
altistumista on tutkittu tieteellisesti vähän. Eri väestöryhmien (aikuiset, vauvat, lapset,  
nuoriso, miehet, naiset, vanhukset) kosmetiikan käytöstä ja altistumisesta olisi perus-  
teltua saada lisätietoa riskinarvioinnin pohjaksi.*

### 5.3. Kosmetiikkaan liittyvät terveyshaitat ja –riskit

Kosmeettiset valmisteet sisältävät keskimäärin 10 – 20 eri ainesosaa, joissakin ihon-  
hoitovoiteissa voi olla jopa yli 70 eri raaka-ainetta. Osa kosmeettisista ainesosista on  
eläin- ja kasvikunnan tuotteita kuten lampaanvillasta saatava **lanoliini** ja mykerökuk-  
kasiin kasveihin kuuluva **kamomilla**. Osa ainesosista on yleisesti käytössä olevia  
kemikaaleja, esimerkiksi **etanoli**, **glykoli**, **ksyleeni**. Monia niin kutsuttuja luonnonai-  
neita (mm. hajusteita) pystytään nykyään valmistamaan myös synteettisesti.

Todennäköisesti suurin osa kosmeettisista valmisteista ei aiheuta käyttäjilleen mitään  
terveyshaittaa. Kosmeettisten valmisteiden haittavaikutukset ovat ilmenneet lähinnä  
ärsytys- ja herkistävyysoireina. Terveyshaittojen arviointia vaikeuttaa, se että tietoja  
valmisteen sisältämistä kemikaaleista on erittäin työlästä selvittää eikä tietoja kemi-  
kaalien pitoisuuksista valmisteessa ole käytettävissä.

Koska Suomessa ei ole virallista rekisteriä (eikä myöskään EU:n tasolla) kosmetiikan  
käytöstä aiheutuneista sivu/haittavaikutuksista kuluttajille, systemaattista kattavaa



tietoa kosmetiikan aiheuttamista haittavaikutuksista ei ole. Kokonaisvaltaista tutkimukseen perustuvaa tietoa kosmetiikan terveysvaikutuksista kuluttajille Suomessa ei myöskään ole julkaistu. Ihotautilääkäreille on kertynyt tietoa kosmetiikan haittavaikutuksista työnsä kautta. Vapaaehtoisjärjestöistä mm. Helsingin Allergia- ja Astmayhdistys on kerännyt tietoja kosmetiikan haittavaikutuksista, lisäksi se ylläpitää kosmeettisten valmisteiden ainesosista tiedostoa (tiedostossa yli 4600 tuotetta) ja antaa kosmetiikkaan liittyvää allergia- ja tuoteneuvontaa kuluttajille ([www.allergiahelsinki.com](http://www.allergiahelsinki.com)). Tässä yhteydessä yhdistys on koonnut myös tietoa allergisten haittavaikutusten esiintyvyydestä käyttäjien keskuudessa.

### 5.3.1. Kosketusihottumat

Suurin osa kosmetiikan terveyshaitoista on **ihon ärsytysoireita** (ihon punoitus, kuumotusta, kirvelyä). Ärsytysvaikutus voi kohdistua myös silmiin. Noin 10 % ihoreaktioista on varsinaista **allergiaa** (Paarmas, 2004). Tyypillisin kosmetiikan aiheuttama allergia on kosketusihottumaa (ihon punoitus, kuumotus, turvotus, kutina, hilseily, näppylät). **Kosketusihottumat** jaetaan kahteen päätyyppiin, allergisiin kosketusihottumiin ja ei-allergisiin eli ärsytyskosketusihottumiin. **Viivästynyt kosketusihottuma** on tavallisin kosmetiikka-allergian muoto. Sitä arvioidaan esiintyvän n. 5 – 6 %:lla väestöstä. Se ilmenee vasta käyttöä seuraavina päivinä. Oireet (tavallisimmin kutina) voimistuvat ja jatkuvat useita päiviä, vaikka altistus on lopetettu. Lisäksi kosmetiikka voi aiheuttaa **ärsytysihottumaa**, **välitöntä kosketusallergiaa** (mm. monet luonnon tuotteet) ja **valokosketusihottumaa** (esimerkiksi hajusteet). Tuotteet, jotka jäävät iholle pitemmäksi aikaa (ihovoiteet, parfyymit) aiheuttavat useammin allergiaa kuin välittömästi pois pestävät tuotteet (shampoot, saippuat, kylpy- ja suihkuvaahdot).

Helsingin Allergia- ja Astmayhdistyksen yhteenvedon mukaan (perustuu vapaaehtoiisiin yhteydenottoihin, yli 4700 neuvontapalveluasiakasta 15 vuoden ajalta, yli 10000 todettua allergista reaktiota), allergioita oli esiintynyt 133:lle kosmetiikan ainesosalle (Paarmas, 2004). Eniten allergiaa on aiheuttanut **säilöntäaineena käytettävä formaldehydi ja sen vapauttaja-aineet** (35 % asiakkaista) ja **hajusteet** (35 %), kolmanneksi eniten säilöntäaineena käytettävä metyylikloori-isotiatsolinonin ja metyyliisotiatsolinonin seos (Kathon CG), (21 %). Hajusteista allergiaa aiheuttaa usein perun balsami (Myroxylon Pereirae). Hiusten muotoilutuotteissa ja ripsiväreissä käytettävä **luonnonharts**i colophonium ja hiusväreissä oleva **parafenylenidiamiini** ovat myös yleisimpiä allergisoivia aineita. Luonnonaineista lampaan villasta saatava pehmentävänä aineena ihovoiteissa, kosteusvoiteissa, aurinkovoiteissa ja silmäkosmetiikassa käytettävä **lanoliini** ja mm. shampoissa, hoitoaineissa ja huulivoiteissa käytettävä **mykerökukkaisseos** (Compositae mix) ovat olleet tavallisimpia allergiaa aiheuttavia

ainesosia. Vaikka edellä esitetyt tiedot eivät edusta systemaattista kattavaa valtakunnallista seuranta kosmetiikan allergisista haitoista, nämä ainesosat ovat todennäköisesti yleisimpiä ongelmia aiheuttavia aineita. Luvut perustuvat lääkärin diagnosoi-  
maan allergiaan.

**Säilöntäaineita** tarvitaan erityisesti vesipohjaisissa kosmeettisissa tuotteissa estämään haitallisten mikro-organismien kasvua. Kosmeettisten tuotteiden säilyvyysaika on yleensä pitkä, tavallisesti yli 30 kuukautta. Säilöntäaineiden pitoisuudet kosmeettisissa tuotteissa voivat olla varsin alhaiset 1 – 0.001%, mutta kontaktiallergian ja herkistävyyden kannalta riittävät. Säilöntäaineita käytetään lähes kaikissa yleisesti käytettävissä tuotteissa, kuten shampoissa, ihovoiteissa, hammastahnoissa ja aurinkovoiteissa ja samassa valmisteessa käytetään erilaisia säilöntäaineita. **Formaldehydin vapauttajia** käytetään **formaldehydiä** enemmän. Suuhygieniavalmisteissa sallittu enimmäismäärä on 0.1% ja muissa valmisteissa 0.2% vapaaksi formaldehydiksi laskettuna. Kuluttajaviraston tekemässä selvityksessä 65 tutkitusta shampoosta 24 sisälsi formaldehydiä tai sen vapauttajia. (Sainio, 2/2000). Formaldehydiä esiintyy epäpuhtautena myös kynsilakoissa tolueenisulfonamidiformaldehdyihartsissa. Kynsilakan formaldehydin aiheuttama allergia näkyy alueilla, joihin lakatut kynnet ovat koskettaneet, kuten kasvoissa, kaulalla ja käsissä. Herkistävyyden lisäksi formaldehydi on genotoksinen ja se on luokiteltu syöpävaaralliseksi aineeksi, (IARC, Group 1, 2004). Kathon CG, joka tunnetaan paremmin biosidina, on ns. superallergeeni, joka poikkeuksellisesti voi herkistää jo yhden käyttökerran jälkeenkin. Kathonin käyttö kosmeettisissa valmisteissa on vähentynyt, korvaajana käytetään **metyyliidibromoglutaronitriliä**, joka on myös allergeeni (Paarmas, 2004). Fenyylilohopean suoloja voidaan käyttää edelleen säilöntäaineena silmien meikki- ja meikinpoistovalmisteissa (enimmäismäärä 0.007% elohopeaa, Hg). Ihovoiteet ja hammastahnat sisältävät säilöntäaineina usein **parabeeneja** (butyyli-, etyyli-, metyyli-, propyyli-), joille herkistyminen on ilmeisesti kuitenkin suhteellisen vähäistä laajaan käyttöön nähden (Paarmas, 2004).

**Hajusteet** on herkistävyyden suhteen toinen merkittävä aineryhmä. Luonnonhajusteissa, balsameissa ja essentieleissa öljyissä on yleensä satoja kemiallisia yhdisteitä. Hajusteteollisuus käyttää raaka-aineenaan n. 3000 erilaista hajusteyhdistettä, pääasiassa synteettisiä hajusteita. Käyttäjien ja viranomaisten on erittäin vaikea saada selvää, mitä hajustetta kosmeettiset valmisteet sisältävät. KTM:n kosmetiikka-asetuksen (75/2005) liitteessä 3 on lueteltu 26 herkistävää hajustetta, jotka on nimeltä mainittava kosmeettisissa tuotteissa, kun niiden pitoisuus on 0.01% poishuuhdeltavissa ja 0.001% iholle jätettävissä kosmeettisissa valmisteissa. Varoitusta hajusteen herkistävästä ominaisuudesta ei kuitenkaan tarvitse ilmoittaa. Muista hajusteista ja aromiaineista on myyntipäällyksessä maininta "fragrance", "parfum" tai "aroma", lain mukaan hajusteita ja kosmetiikan aromiaineita kun ei lueta kosmeettisiksi ainesosiksi.

**Hajusteallergiaa** esiintyy korkean elintason maissa 2 – 3 %:lla väestöstä (Hannuksela, 2003). Hajusteallergia ilmenee kosketusihottumana alueilla, jotka altistuvat hajustetuille tuotteille. Tärkeimpiä aiheuttajia ovat deodoranttien, partavesien, käsi- ja kosmeusvoiteiden tuoksuaineet. Hajusteiden kosketusallergiat selvitetään epikutaanitestillä, jonka perussarjaseos kuvastaa yleisimmin herkistäviä hajusteita: **kanelialkoholi** (synteettinen hyasintin tuoksu), **kanelialdehydi** (synteettinen kanelin tuoksu), **hydroksisitronellaali** (synteettinen kukkaistuosku), **alfa-amylylikanelialdehydi** (synteettinen jasmiinin tuoksu), **geranioli** (ruusun tuoksu), **eugenoli** (hammaslääkärin vastaanoton haju, hammastahnat), **isoeugenoli** (eugenolin neilikan tuoksu) ja **oak moss absolute** (partavedet, eristetty jäkälästä) (Kristiina Aalto-Korte, 2001). Tällä testisarjalla saadaan selville 85 – 90 % todellisista hajusteallergioista (Hannuksela, 2003). Ihon lisäksi hajusteet voivat ärsyttää myös hengitysteiden limakalvoja ja aiheuttaa huulien ja suunympärykseen (huulipuikot ja -rasvat, hammastahnat). Hammastahnoissa eugenolin lisäksi hajusteena käytetään kanelialdehydiä ja kanelialkoholia. *Hajusteiden nykyistä tarkempi yksilöinti ja varoitus herkistävytydestä tuoteselosteessa auttaisi allergisoitunutta henkilöä kosmetiikan valinnassa.*

### 5.3.2. Muut mahdolliset haittavaikutukset

Kosmetiikan aiheuttamista mahdollisista muista haittavaikutuksista on paljon vähemmän tutkittua tietoa. Osa aineista imeytyy ihon kautta ainakin jossain määrin elimistöön ja voi vaikuttaa myös muualla kuin aplikointipaikalla. Hajusteet, liuottimet ja aerosolit voivat päästä elimistöön myös hengitysteitse ja ainesosien nieleminenkin on mahdollista (hammastahnat, huulirasvat ja -punat). Voimakkaat hajusteet saattavat aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä ja päänsärkyä samoissa tiloissa oleville muille henkilöille, vaikka he itse eivät kosmetiikkaa käyttäisikään.

Kosmeettisissa valmisteet sisältävät monia aineluettelossa (STM:n asetus 624/2001 vaarallisten aineiden luettelosta) ja EU:n kemikaaliviraston (EBC/ESIS European Chemical Substances Information System, EINECS Information System) keräämiä myrkylliseksi tai haitalliseksi luokiteltuja ainesosia. Näiden kemikaalien pitoisuudet kosmeettisissa valmisteissa ratkaisevat luokitellaanko kyseinen valmiste terveydelle haitalliseksi tai myrkylliseksi. Tämä on arvioitava tuotekohtaisesti valmistajan terveysriskinarviossa, ilman koostumustietoja, käyttömääriä ja frekvenssiä kosmeettisten valmisteiden terveysriskin arviointia on mahdoton tehdä.

**Taulukko 5.2 Esimerkkejä kosmeettisissa valmisteissa käytettävistä vaarallisiksi luokitelluista kemiallisista aineista (STM asetus 807/2001)**

Kemikaali	Käyttö/tuoteryhmä
tolueeni ksyleeni n-butyyliasetaatti etyyliasetaatti	liuottimina kynsilakoissa
asetoni fenoli	liuotin, kynsilakanpoistoaine deodoranteissa
etanoli	kasvovedet, parfyymit monissa tuotteissa säilöntäaineena
kromi nikkeli koboltti	silmämeikit
lyijyasetaatti hopeanitraatti ammoniakki etanoliamiini vetyperoksidi ammoniumpersulfaatti	hiusvärit, hiusvedet  hiusvärit, emäksinen yhdiste  hiusvärit, hapettava yhdiste, hiusten valkaisuun
formanaldehydi glutaraldehydi Kathon	säilöntäaineena monissa kosmeettisissa tuotteissa

Yksi tuoteryhmä, jonka kotikäyttö on lisääntynyt, ovat **hiusvärit**. Niissä on hyvin reaktiivisia kemikaaleja (taulukko 5.2) tai välituotteina syntyy reaktiivisia yhdisteitä. Esimerkiksi hiustenväriaineena ja ripsien ja kulmakarvojen kestovärjäykseen käytettävä **p-fenyleenidiamiini** on herkistävä yhdiste. Hiusten värjäämiseen liittyvää syöpäriskiä on tutkittu, mutta tulokset ovat olleet ristiriitaisia ja päätelmää syöpäriskistä ei voida vielä tehdä. Viitteitä on todettu yhteydestä virtsarakon syöpään.

Kosmetiikkaan liittyy myös epäsuoria terveysriskejä. Ne voivat luoda väärää turvallisuudentunnetta. Auringonsuoja-ainetta käytetään usein liian vähän (voidetta ei lisätä tarpeeksi usein) tai sen vaikutuksen kesto arvioidaan väärin, jotta se antaisi luvattun suojan. UV-säteily lisää ihosyöpäriskiä ja ihon toistuvaa palamista pitäisi välttää. Suojavaikutuksen kestoa on vaikea seurata, joten pakkauksen tuoteselosteessa olisi syytä selvästi kertoa, kuinka usein käsittely on tehtävä suojan saamiseksi.

### 5.3.3. Kestopigmentointi ja tatuointi

Kestopigmentointi (kulmakarvat, huulet) ja tatuointi ovat yleistyneet. Lainsäädäntö ei ole pysynyt kehityksessä mukana. Kestopigmentointi ja tatuointi eivät toistaiseksi kuulu selvästi minkään viranomaisen valvontaan. Tatuointivärit eivät kuulu kosmetiikkalainsäädännön piiriin, koska ne pistetään ihoon, epidermisen ja dermisen väliin. Ne eivät ole selvästi mitään tuotteita vaan yksittäisiä kemikaaleja. Tatuointi vaatii ihon tulehdusriskin vuoksi lisäksi korkeatasoista hygieniaa. Toinen riski on tatuoinnissa käytettyjen värien pitkäaikaisvaikutukset. EY-komission DG SANCO on pyytänyt Joint Research Centre (JRC)-keskusta perustamaan yleisen tietokannan (JRC-TattooNet) turvallisista tatuoinneista ja niissä käytetyistä väreistä ja selvittämään tatuoinnin ja kestopigmentoinnin turvallisuutta, riskejä ja terveysvaikutuksia. JRC:n tekemän alustavan selvityksen mukaan virus- ja bakteeri- ja sieni-infektioiden lisäksi tatuoinnin ja kestopigmentoinnin mahdollisia haittavaikutuksia ovat mm., ihon allergiset reaktiot, pseudolymfoomat, sarkoidoosi, melanoomat ja käyttäytymishäiriöt (EC/JRC, 2003). Tällä hetkellä tatuoineissa käytettyjä värejä ei valvota eikä niiden turvallisuuden selvittämistä vaadita, vaikka ne laitetaan hyvin pysyvästi ihoon, elinikäiseen käyttöön. Tatuointiin voidaan käyttää värejä, joita ei ole tarkoitettu laitevaksi pysyvästi ihmisen ihon alle, jopa teolliseen tuotantoon tarkoitettuja metallisuoloja tai orgaanisia pigmenttejä kuten mustetta. Tavallisimmin kosmetologit tekevät kestopigmentointeja laittamalla väriainetta epidermikseen. Terveysturvallisuuden (763/94) perusteella kuntien terveystarkastajat valvovat tatuointitilojen ja kosmetologien työtilojen hygieenisuutta.

Tatuointivärit jaetaan kahteen ryhmään, väripigmentteihin ja väriaineisiin. Väriaineet sekoitetaan monesti bariumsulfaatin (valkoinen pigmentti) kanssa. Väripigmentit voivat olla metallisuoloja tai erilaisia orgaanisia yhdisteitä. Tatuointiväreissä on käytetty **metalliyhdisteitä**, esim. koboltialuminaatti (koboltin sininen), kromioksidi (vihreä), elohopeasulfidi (cinnabar, punainen). Nyt on ilmeisesti kuitenkin siirrytty käyttämään enemmän **synteettisiä väriaineita**. EY:n tekemän selvityksen mukaan osa tatuoinnissa käytettävistä väriaineista on kosmettisissa valmisteissa sallittuja, osa kiellettyä väriaineita (JRC, 2003). Tatuoinneissa punasävyisinä väreinä käytetään EU:ssa hyväksyttyjä atsovärejä. Norjan, Tanskan ja Suomen EU:lle tekemässä selvityksessä 28 orgaanisesta väriaineesta 16 sisälsi atso-yhdisteitä, jotka voivat metaboloitua aromaattisiksi amiineiksi ja 4 16:sta atsoväristä sisälsi karsinogeeniksi luokiteltuja amiineja (JRC, 2003). Käyttöön on tullut myös läpikuultavia ja hohtavia UV-värejä, joiden turvallisuudesta ihmisten iholla ei ole tietoa. Tatuointia ei ilmeisesti koeta terveysriskinä, vaikka siihen

sellaisia elementtejä selvästi liittyy. Tatuointi, tatuointivärit ja kestopigmentointi olisi harkittava kokonaisuutena kansallisen kemikaaliohjelman puitteissa viranomaistoiminnan näkökulmasta. Miten näiden käsittelytapojen ja niissä käytettävien väriaineiden turvallisuus varmistetaan tai informoidaan käyttäjiä mahdollista terveyshaitoista? Ovatko nykyiset toimenpiteet riittäviä terveysriskien minimoimiseksi?

Uusia kosmetiikkatuotteita ja kauneudenhoidon ja hyvän olon menetelmiä kehitetään jatkuvasti. Esimerkiksi mainittakoon aromaterapia, silikoniyhdisteet, hyaluronihappo ryppyjen häiventämiseen ja Botox (Botulinum Toxin type A). Kosmeettiseen käyttöön saattaa päästä potentteja farmakologisesti vaikuttavia aineita, kuten botulinustoksiini Botox-hoidossa. Jos botulinustoksiinia yritettäisiin rekisteröidä lääkeaineena, se todennäköisesti ei saisi myyntilupaa tähän käyttöindikaatioon liian toksisena aineena. Herää myös kysymys, mitkä ovat mm. botulinustoksiinin jatkuvan pitkäaikaiskäytön vaikutukset. Myös kosmetiikan käyttöön liittyviä uusia menetelmiä ja aineita tulisi paremmin arvioida ja tarvittaessa niihin olisi voitava puuttua.

#### **5.4. Kosmetiikkaan liittyvä lainsäädäntö**

##### **5.4.1. Kansallinen lainsäädäntö**

Kansallinen kosmeettisia valmisteita koskeva uusikin lainsäädäntö on repaleinen ja vaikeasti hahmotettavissa (Taulukko 5.3). Laki kosmeettisista valmisteista (22/2005) ja KTM:n asetus kosmeettisista valmisteista (75/2005) pohjautuvat EY:n kosmetiikkadirektiiviin (76/768/ETY) ja siihen eri aikoina tehtyihin lisäyksiin ja muutoksiin Suomessa kosmeettisia valmisteita koskevasta lainsäädännöstä vastaa Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) ja valvontaviranomaisena toimii Kuluttajavirasto ja paikallistasolla läänien elintarviketarkastajat ja kuntien terveystarkastajat.

Kosmetiikka-asetuksen liitteissä 2-7 on lueteltu kielletyt ja sallitut kosmeettisten valmisteiden ainesosat. Vaikka kosmetiikka-asetus on lähes uunituore, asetuksen liitteinä olevat kiellettyjen ja sallittujen ainesosien luettelot ovat varsin hankalia käyttää. Kemiallisten aineiden tunnistetiedot ovat sekavia. Esimerkiksi liitteessä 2 Kiellettyjen aineiden luettelossa kemialliset aineet eivät ole aakkosjärjestyksessä, joten yksittäistä kemikaalia on etsittävä yli 1000 kemikaalin listasta. Kansainvälisesti yleisesti käytössä olevaa CAS-numeroa, jolla kemialliset aineet pystytään yksiselitteisesti tunnistamaan, ei ole kaikissa liitteissä järjestelmällisesti käytetty. Kaikkia kemiallisia aineita ei ole yksilöity vaan ne on ilmoitettu ryhminä, esim. Aminokapronihappo ja sen suolat, Androgeenisen vaikutuksen omaavat aineet, Bentsoehappo sen suolat ja esterit jne. Koulutetuille asiantuntijoille nämä ryhmänimet kertovat paljon, mutta kuluttajien ja mahdollisesti myös valvontaviranomaisten on vaikea hahmottaa, mistä kemiallisista

aineista ilmoitetuissa ryhmissä on kysymys. Mainittakoon, että kemikaalilainsäädännön puolella esimerkiksi ns. aineluettelossa ilmoitetaan aina aineen kemiallinen nimi IUPAC mukaan, sekä CAS- että EY-numero (STM:n asetus 807/2001).

Kosmetiikka-asetuksen mukaan liitteissä olevien ainesosien nimet ilmoitetaan ensisijaisesti **INCI** –nimillä (International Nomenclature Cosmetic of Ingredients), ja jos sitä ei ole, kemiallisella nimellä. Näin ollen kosmetiikka asetuksen liitteissä voidaan käyttää kahta nimeämistapaa. INCI nimeämiskäytäntö poikkeaa kansainvälisesti kemikaaleille hyväksytystä IUPAC-nimikkeistöstä ja tämä ennestään vaikeuttaa kemiallisten aineiden tunnistamista ja selvittämistä.

### **Taulukko 5.3. Kansallinen kosmetiikkalainsäädäntö**

#### **Keskeisimmät säädökset**

Laki kosmeettisista valmisteista 22/2005  
 KTM:n kosmetiikka-asetus 75/2005  
 Asetuksen Liite 1 esimerkkejä kosmeettisten valmisteiden tuoteryhmistä \*  
 Asetuksen Liite 2 Kielletyt aineet\*  
 Asetuksen Liite 3 A Rajoituksin sallitut aineet\*  
 Asetuksen Liite 3 B Tilapäisesti rajoituksin sallitut aineet\*  
 Asetuksen Liite 4 Väriaineet\*  
 Asetuksen Liite 5 Aineet, jotka eivät kuulu kosmeettisia valmisteita koskevien säännösten soveltamisalaan\*  
 Asetuksen Liite 6 A Sallitut säilöntäaineet\*  
 Asetuksen Liite 6 B Tilapäisesti sallitut säilöntäaineet\*  
 Asetuksen Liite 7 A Sallitut auringonsuoja-aineet  
 Asetuksen Liite 7 B Tilapäisesti sallitut auringonsuoja-aineet\*  
 Asetuksen Liite 8 A Asetuksen 5 §:n tarkoittama symboli\*  
 Asetuksen Liite 8 B Asetuksen 7 §:n tarkoittama symboli\*  
 Asetuksen Liite 9 Eläinkokeille vaihtoehtoiset testausmenetelmät

\*Asetuksen liitteinä olevissa aineluetteloissa kemikaalit eivät ole aakkosjärjestyksessä, kemikaaleista käytetään INCI-nimeä, IUPAC-nimeä tai ryhmänimeä, CAS-numeroa ei käytetä systemaattisesti..

Suomessa ei ole käytettävissä selkeää yhtenäistä luetteloa kosmeettisissa valmisteissa kielletyistä ja rajoitetusti sallituista ainesosista, joista IUPAC-nimen ja CAS-numeron perusteella pystyisi löytämään ja tunnistamaan yksittäisen kemiallisen aineen. Tämä vaikeuttaa valvontaviranomaisten toimintaa sekä kuluttajien oikeuksia (right to know - periaate) ja mahdollisuuksia saada tietoa markkinoilla olevien kosmeettisten tuotteiden ainesosien hyväksyttävyydestä.

Kosmetiikkalaki kattaa kosmetiikan sekä kuluttaja- että ammattikäytön. Siten lain mukaiset menettelytavat vaikuttavat myös työperäiseen altistumiseen kosmetiikalle. Työperäisestä altistumisesta ja siihen liittyvää lainsäädäntöä ei käsitellä tässä yhteydessä.

#### 5.4.2. Euroopan yhteisön kosmeettisia valmisteita koskeva lainsäädäntö

Kansallinen kosmetiikkalainsäädäntö perustuu kosmetiikkadirektiivin 76/768/ETY ja siihen jälkeenpäin tehtyihin muutoksiin. Tärkeimmät muutokset ovat kosmetiikkadirektiivin 6. muutos 93/35/ETY, jossa tarkennettiin elinkeinonharjoittajan velvollisuuksia ja kosmeettisten ainesosien nimeämistä ja kosmetiikkadirektiivin 7. muutos 2003/15/EY, jossa mm. käsitellään koe-eläinten käyttöä kosmeettisten valmisteiden ja niiden ainesosien testaamisessa. Kosmetiikkadirektiivin liitteissä (I-VII) on luettelot kosmetiikassa kielletyistä, eri tarkoituksiin sallituista tai rajoituksin sallituista ainesosista. Näitä liitteitä on erittäin vaikea löytää direktiivin yhteydestä, parhaiten ne löytyvät osoitteesta [www.colipa.com](http://www.colipa.com). Kuten kansallisessa kosmetiikka-asetuksessaakin kosmetiikkadirektiivin liitteissä ainesosien nimeäminen ja CAS -numeroiden käyttö on kirjavaa. Lisäksi kosmeettisia valmisteita koskee komission direktiivi 95/17/EY liikesalaisuuden suojasta, joka koskee yhden tai useamman ainesosan ilmoittamatta jättämisestä valmisteen myyntipäällyksen luetteloon.

Kosmeettisia valmisteita ja niiden ainesosia ei katsota lainsäädännöllisesti kemikaaleiksi, ei Suomessa eikä EU:ssa, vaikka ne hyvin täyttävät kemikaalilain (744/1989) mukaisen määritelmän ja vaikka merkittävä osa kosmeettisten valmisteiden ainesosista kuuluvat EU:n olemassa olevien ja uusien aineiden luetteloon (EINECS Information System, <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>). Kosmeettisen valmisteen raaka-aineet katsotaan kemikaaleiksi ja niitä koskee uusien aineiden ilmoitusmenettely (New Chemicals Notification) ennen valmistuksen aloittamista (nk. pre-manufacturing -ilmoitus). Mutta valmis kosmeettinen valmiste tai sen ainesosa eivät enää kuulu EY:n vaarallisten aineiden direktiivin (67/548/EY) eikä ns. seosdirektiivin (1999/45/EY) piiriin, vaikka sama ainesosa kemikaalina olisikin jo näiden direktiivien pohjalta luokiteltu ja sille määriteltä varoitus- ja suojautumismerkinnät.



#### 5.4.3. Kosmeettisten valmisteiden rekisteröinti

Suomessa ei rekisteröidä kosmeettista valmistetta, vaan rekisteröinti-ilmoitus koskee suomalaista valmistajaa, valmistuttajaa sekä maahantuojaa, joka saattaa maahantuodun kosmeettisen valmisteensa ensimmäistä kertaa Euroopan talousalueen markkinoille. Kuluttajavirastolle tehtävässä rekisteröinti-ilmoituksessa ilmoitetaan yrityksen yhteystietojen lisäksi tuotteen valmistuksesta vastaavan henkilön nimi sekä elinkeinonharjoittajan valmistamat, valmistuttamat tai maahantuomat kosmeettiset valmisteet tuoteryhmittäin. Rekisteröinnin yhteydessä ei tarvitse ilmoittaa tuoteryhmään kuuluvien valmisteiden kauppanimiä, koostumusta tai tietoja niiden turvallisuudesta. Elinkeinonharjoittajan edustamia tuoteryhmiä koskevista muutoksista on ilmoitettava erikseen. Johonkin toiseen EU-maahan jo rekisteröidystä valmistajasta ei tehdä enää uutta rekisteröinti-ilmoitusta Suomessa.

Uusi kosmetiikkalaki 22/2005 edellyttää, että elinkeinonharjoittajan, joka vastaa kosmeettisen valmisteensa saattamisesta Euroopan talousalueen markkinoille, on pidettävä jäsenvaltioiden toimivaltaisten viranomaisten saatavilla mm. tiedot kosmeettisen valmisteensa laadullisesta ja määrällisestä koostumuksesta ja arviointi valmiin kosmeettisen valmisteensa turvallisuudesta ihmisen terveydelle. Turvallisuusarvioinnissa on otettava huomioon ainesosien yleiset toksikologiset tiedot ja niiden kemiallinen rakenne ja altistustaso sekä valmisteensa käyttöalueiden ja aiottujen kohdehenkilöiden erityiset altistuspiirteet. Erityinen arviointi on tehtävä muun muassa valmisteista, jotka on tarkoitettu alle kolmivuotiaille lapsille sekä valmisteista, jotka on tarkoitettu yksinomaan ulkoiseen intiimihygieniaan. Laatijalla on oltava koulutuksensa puolesta edellytykset (tutkintotodistus farmasian, toksikologian, dermatologian lääketieteen alalta tai vastaavalta tieteenalalta) tehdä terveystarve arvio. Valmistajan on myös koottava olemassa olevat tiedot kosmeettisten valmisteiden käytöstä aiheutuneesta haitasta ihmisen terveydelle. Herää kysymys: Miten tämä lain kohta käytännössä toteutuu? Toimittavatko elinkeinonharjoittajat kyseiset tiedot viranomaisille automaattisesti vai edellytetäänkö viranomaisilta näyttöä tai epäilystä terveyshaitasta vai voivatko viranomaiset harkintansa mukaan koska tahansa pyytää kyseisiä tietoja?

On syytä huomata, että kosmeettisen valmisteensa ainesosana olevaa kemikaalia käsitellään eri lailla kemikaalilain (744/1989, muutos 1147/1994) mukaan, silloin kun sitä käsitellään muuna kemikaalina. Valmistajan tai hänen nimeämänsä edustajan on tehtävä ilmoitus uudesta aineesta Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskukselle (STTV) ennen aineen markkinoille luovuttamista. Jos maahantuotava tai valmistettava ainemäärä vuodessa on 1 tonni tai enemmän, tehdään niin sanottu varsinainen ilmoitus ja jos taas pienempi kuin 1 tonni vuodessa, tehdään niin sanottu suppea ilmoitus. Ainemäärän ylittäessä 10, 100 tai 1000 tonnia vuodessa toimitettavien tutkimus-

ten määrä lisääntyy. Vaadittavat tutkimukset on määritelty (<http://ecb.jrc.it/testing-methods/>) ja kuvattu EY:n vaarallisten aineiden direktiivissä (67/548/ETY Annex V). Uuden aineen ilmoituksessa on esitettävä aineen vaaran arvioimiseksi tarvittavat tekniset asiakirjat (STM päätöksellä (1642/1993 määrautyt tutkimukset), selvitys aineen käyttötapoihin liittyvistä haitoista, ehdotus aineen luokitukseksi ja merkinnöiksi ja ehdotus vaarallisen aineen käyttöturvallisuustiedotteeksi. Tämä ilmoitusmenettely ei siis koske kosmeettisten valmisteiden ainesosia.

Valvontaviranomaisilla ei ole markkinoilla olevista kosmeettisista valmisteista edes perustietoja (nimi, koostumus) vaan valvonta perustuu pelkkään jälkiseurantaan pistokeiden tai valitusten pohjalta. *Kansallisen kemikaaliohjelman puitteissa olisi harjittava, onko nykyinen menettely riittävä kosmetiikan turvallisen käytön kannalta.*

#### 5.4.4. Kosmetiikan turvallisuuden arviointia koskevat vaatimukset

Sekä kosmetiikkadirektiivin että kansallisen kosmetiikkalain lähtökohta korostuneesti on, että kosmetiikan on oltava käyttäjälleen turvallista. Valmisteet ja niihin käytettyjen ainesosien toksisuus on tunnettava ja niihin liittyvät terveysriskit on arvioitava tieteellisesti. Valmisteen turvallisuus arvioidaan sen ainesosien toksisuuden perusteella. Valmistetta sellaisenaan ei tarvitse testata.

**Vastuu kosmetiikkavalmisteen turvallisuudesta on elinkeinonharjoittajalla.** Elinkeinoonharjoittajalla tarkoitetaan yritystä, joka valmistaa, pitää kaupan, tarjoaa, myy tai muutoin elinkeinotoimintansa yhteydessä luovuttaa kosmeettisia valmisteita kuluttajalle. Periaatteessa turvallisuusvaatimukset ovat samat kuin muille käytössä oleville kemiallisille aineille ja valmisteille. Tämä on hyvin perusteltua, koska kosmeettiset valmisteet ovat laajimmin ja yleisimmin käytettyjä kemiallisia tuotteita ja käyttö edellyttää usein pitkäaikaista altistumista. Käytännössä kosmeettisten valmisteiden sisältämistä jo vaaralliseksi aineeksi luokitelluista ainesosista ei nykyisen lainsäädännön mukaan tarvitse samalla tavalla tiedottaa käyttäjille kuin muissa kulutustuotteissa.

**Kosmetiikan turvallisuuden arvio** poikkeaa merkittävästi kemikaalien vastaavasta menettelytavasta. Kosmeettisilta valmisteilta ei edellytetä viranomaisten ennakkohyväksyntää eikä niiden sisältämistä ainesosista tehdä ennakkoilmoitusta. Samoin merkittävä ero kosmetiikan ja muiden kemikaalien välillä on näkemyksessä kosmetiikan toksisuuden testaamistarpeesta ja -tavoista. Kosmetiikan puutteellista testaamista pidetään jopa mainosvalttina. Koska kosmetiikan ainesosat ovat kemiallisia aineita, terveysriskin arvioimiseksi ne olisi tutkittava ja arvioitava samoin toksikologisin periaattein kuin muutkin kemialliset aineet. On ristiriitaista hyväksyä kosmeettiset tuotteet käyttöön lähtökohtaisesti heikommin testattuina ja arvioituina kuin muut testausta

vaativat aineet ja tuotteet (esimerkiksi elintarvikkeiden lisäaineet, lääkkeet, torjunta-aineet), varsinkin kun ne ovat eniten käytettyjä aineita.

Kosmetiikkalaissa (22/2005) todetaan, kosmetiikkadirektiivin hengen mukaisesti, että "Valmiiden kosmeettisten valmisteiden testaaminen Suomessa eläinkokeilla kosmeettisille valmisteille säädettyjen vaatimusten täyttämiseksi on kielletty." Ajatuksena on, että valmiiden kosmeettisten valmisteiden turvallisuus voidaan varmistaa niiden sisältämien aineosien turvallisuutta koskevien tietojen avulla. Ehdoton eläinkokeen kiello ei ole tieteellisesti perusteltu, koska eläinkoe olisi voitava tehdä, jos siihen syntyy todellinen tarve myös lopullisen valmisteen (seoksen) toksisuutta arvioitaessa. Edelleen "Kosmeettisten ainesosien ja ainesosien yhdistelmien testaaminen Suomessa eläinkokeella kosmeettisille valmisteille säädettyjen vaatimusten täyttämiseksi on kielletty sen jälkeen, kun kyseisen eläinkokeen korvaava vaihtoehtoinen testausmenetelmä on validoitu ja hyväksytty." Tämä tarkoittaa in vitro- tai muuta vaihtoehtoista menetelmää, jonka EU on virallisesti hyväksynyt toksisuuden testaamiseen. Suomessa nämä vaihtoehtoiset menetelmät vahvistetaan KTM:n asetuksella, asetuksessa 75/2005 ei ole vahvistettu yhtään vaihtoehtoista menetelmää (Asetuksen liite 9, Eläinkokeille vaihtoehtoiset testausmenetelmät).

**Ehdollinen eläinkokeiden kiello** on nykyisen toksisuustestausstrategian mukainen, mutta siihen liittyy ylioptimistinen, väärä käsitys vaihtoehtoisten menetelmien (in vitro-kokeet, tietokonemallit jne.) kyvystä korvata kokonaan eläinkokeet. Nykyinen toksisuustestausstrategia lähtee, aineesta riippumatta siitä, että eläinkokein varmistetaan epäselvät ja epävarmat tulokset. Toisaalta on hyvin tiedossa, että terveysriskin arvioinnin kannalta **keskeinen osa toksisuutta** (mm. toistuvan altistumisen aiheuttama toksisuus, aineen herkistävyys, vaikutus lisääntymiseen, syöpävaarallisuus jne.) **voidaan tutkia ja todeta luotettavasti ainoastaan eläinkokein**, kokonaisessa elimistössä. Tämä on myös EU:n komission asettamien kosmetiikan alan tiedekomitean (SCCPNF, Opinion 30/04/2004) ja toksikologian, ekotoksikologian ja ympäristön tiedekomitean kanta (CSTEE, Opinion, January 2004). Testausta myös koe-eläimillä edelleen tarvitaan turvallisuuden arviointiin. Komission teettämän REACH -ohjelmaa koskevan raportin (EC/JRC/HCP, 2003) mukaan eniten tulevaisuudessa testejä tarvitaan herkistävyyden testaamisessa (35 % kaikista aineista) sekä silmä-ärsyttävyyden (24 % kaikista aineista) ja mutageenisuuden (22 % kaikista aineista) testaamiseen.

**ECVAMin** (Euroopan vaihtoehtoisten tutkimusmenetelmien keskus) laaja testiohjelman validointityö on osoittanut, että useimmat vaihtoehtoiset menetelmät eivät ole olleet riittävän luotettavia korvaamaan vastaavaa eläinkoetta, eritoten toistuvanannon testejä. EU:ssa ja OECD:ssa on tähän mennessä pystytty hyväksymään kolme uutta validoitua in vitro -toksisuustestiä, kaksi testiä ihon syövyttävyyden testaamiseen ja

testi kemikaalin fototoksisuuden testaamiseen riittävän luotettavina vaihtoehtoina eläinkokeille (ks. Taulukko 5.4.). Kysymys ei ole tahdosta ja tehtävän työn määrästä, vaan kaikelle toksisuudelle ei ole kehitettävissä luotettavaa vaihtoehtoa nisäkkäiden elimistön monimutkaisen luonteen vuoksi. On myös harhaa, että sarja peräkkäisiin vaiheisiin liittyviä erillisiä in vitro -kokeita voisi korvata kokonaisessa elimistössä tehdyn kokeen. EU:n tavoite on kieltää eläinkokein testatun kosmetiikan markkinointi 11.03.2009 (koskee myös ainesosien testaamista eläinkokein) ja kosmetiikan, jonka turvallisuuden selvittämiseen tarvitaan toistuvan annostelun aiheuttamaa toksisuutta, lisääntymistoksisuutta ja toksikokinetiikkaa, 11.3.2013. Aikatauluista piti sopia jo syyskuussa 2004. *Tavoite kieltää eläinkokeet kokonaan kosmetiikan osalta on vastoin tieteellistä toksikologista näkemystä ja on kosmetiikkalainsäädännön muun hengen vastainen.*

Kosmetiikan mainostamiseen on liittynyt epäselvyyttä siitä, milloin voidaan sanoa, että sitä ei ole testattu eläinkokein. Kosmetiikkalain mukaan kosmeettinen valmiste voidaan väittää eläinkokeettomaksi, kun mitään siihen liittyvää ainesosaa ei ole testattu eläinkokein kosmetiikalle säädettyjen vaatimusten täyttämiseksi. **Sinänsä tavoite eläinkokeettomasta kosmetiikasta on kuluttajan näkökulmasta ristiriitainen.** Tuotetta ei tällöin tutkita välttämättä parhaalla mahdollisella tavalla. Jos kosmeettista ainesosaa ei testata, ainesosan vaaraominaisuuksia ei saada selville, eikä näin käyttäjän turvallisuutta parantavia vaaramerkintöjä ja suojautumista pystytä ilmoittamaan. Jää nähtäväksi, miten kosmetiikan mainonnan kannalta tulkitaan tilanne, jossa aine on jo testattu esimerkiksi lääkekäyttöön eläinkokein tai jos ainesosa on jo luokiteltu vaaralliseksi aineeksi koe-eläimillä tehtyjen testien perusteella kuten monen kosmeettisen valmisteen ainesosan kohdalla tilanne on.

Kosmeettisten valmisteiden ja niiden ainesosien toksisuuden testaamisessa tulisi käyttää samoja toksikologian kriteereitä ja periaatteita kuin muidenkin kemiallisten aineiden turvallisuuden tutkimisessa, jotta ainesosaa pystytään turvallisesti käyttämään. Näiden periaatteiden vaaliminen ja edistäminen edellyttää johdonmukaista työtä kansallisesti ja kansainvälisesti (EU, OECD) kosmetiikkaan liittyvässä päätöksenteossa ja kehitystyössä.

Kosmetiikkaan liittyvän toksisuuden testaamisessa myös eläinkokeet tulee säilyttää yhtenä välttämättömänä vaihtoehtona tilanteessa, jossa toksisuus ei muuten luotettavasti selviä.

#### **5.4. Yksittäisen ainesosan toksisuuden testaus ja arviointi**

Kosmetiikan toksisuuden selvittämiseksi ei ole asetettu selkeitä viranomaisvaatimuksia, mitä testejä kosmeettisten valmisteiden ainesosien toksikologisten tietojen ja turvallisuuden arvioinnissa vaaditaan. Alan keskeisenä ohjenuorana on EY:n komission

asettaman kosmetiikan ja kuluttajille tarkoitettujen muiden tuotteiden kuin elintarvikkeiden tiedekomitean (SCCNFP Scientific Committee on Cosmetic products and Non-Food Products; nykyinen kulutustuotteiden tiedekomitea, Scientific Committee on Consumer products, SCCP) laatima ja säännöllisesti päivittämä ohjeistus kosmetiikan toksisuuden testauksesta ja turvallisuuden arvioinnista suosituksiksi teollisuudelle ja viranomaisille (SCCNFP, 2003). Tätä ohjeistusta käytetään kiellettyjen, sallittujen ja rajoitetusti sallittujen aineita arvioinnissa, jotta ainesosa voidaan hyväksyä kosmetiikkadirektiivin liitteisiin. Pohja-arvion tekee yleensä COLIPA (kosmetiikan alan yritysten yhteinen järjestö). Kosmetiikan tiedekomitea käsittelee ja hyväksyy kaikki kosmetiikkadirektiivin liitteissä I-VII luetellut kosmeettisissa valmisteissa kielletyt, rajoitetusti sallitut ja sallitut ainesosat. SCCP antaa lausuntoja muissakin kosmetiikkaan liittyvissä vaikeimmissa kysymyksissä. Lausunnot ovat julkisia ja kaikkien saatavilla mm. internetistä.

Taulukossa 5.4 on esitetty testivaatimukset sekä EU:ssa käytössä olevat ja OECD hyväksymät kemikaalien terveysvaikutuksien testaamisessa käytettävät testiohjeet. Minimivaatimuksena edellytetään kaikilta aineilta kohtien 1.-6. tietoja. Jos altistuminen suun kautta tai systeemisesti on merkittävää ja aineen toksisuusprofiili sitä edellyttää, saatetaan edellyttää kohtien 7.-9. tietoja. Jos valmistetta aiotaan käyttää auringolle altistuvalla iholle, tarvitaan tietoa fototoksisuudesta (kohta 10.) Kaikki ihmisten altistumiseen liittyvä tieto tulisi aina esittää (kohta 11.). SCCP:n ohjeet korostavat kuitenkin turvallisuuden arviointia aine- ja tapauskohtaisesti ja se on hyväksynyt ainekohtaisissa arvioissaan kaiken luotettavaksi arvioidun tiedon, myös tuloksia validoimattomista in vitro -testeistä. SCCP suosittelee vähimmäisvaatimuksina kaikille kosmetiikassa käytettäville ainesosille tietoja akuutista toksisuudesta, iho- ja silmä-ärsyttävyydestä, herkistävyydestä ja mutageenisuudesta. Tätä vähemmällä tiedolla turvallisuusarviota ei voida tehdä. Nämä vaatimukset vastaavat sisällöltään nykyisiä EY:n vähimmäisvaatimuksia kemikaaleilta, joita tuotetaan 100 kg - 1 tn vuodessa. Kuinka kattavasti nämä tiedot on olemassa kaikilta kosmetiikassa käytettäviltä ainesosilta, ei todennäköisesti ole kenenkään tiedossa, koska tietoja ei systemaattisesti tarkasteta.

**Taulukko 5.4 EU:n kosmetiikan tiedekomitean (SCCP) vaatimussuosituksset (SCCNFP, 2003) ja käytössä olevat OECD:n hyväksymät toksikologiset testit (OECD, 2005)**

<b>Turvallisuustestit</b>	<b>Hyväksytyt, käytössä olevat <i>in vitro</i> testit</b>	<b>Hyväksytyt, käytössä olevat <i>in vivo</i> testit</b>
<b>Vähimmäisvaatimukset</b>		
1. Tiedot akuutista toksisuudesta, oraali-, dermaali-, inhalaatio (jos on)		OECD 423, 402, 403, 420, 425
2. Ihoärsyttävyys, -syövyttävyyys	<b>OECD 430, 431*</b>	OECD 404
3. Silmä-ärsyttävyys		OECD 405
4. Ihoherkistävyyys		OECD 406, 429
5. Aineen imeytyminen ihon kautta	<b>OECD 428*</b>	OECD 427
6. Toistuvan annoksen toksisuus		OECD 407-413, 452
<b>Soveltuvasti aineesta ja sen käyttötarkoituksesta riippuen</b>		
7. Mutageenisuus/ Genotoksisuus	OECD 471, 473, 476, 477, 479, 480, 481, 482	OECD 474, 475, 478, 483, 484, 485, 486
8. Karsinogenisuus		OECD 451, 453
9. Lisääntymistoksisuus		OECD 414, 415 416, 421, 422
10. Toksikokinetiikka		OECD 417
11. Fototoksisuus	<b>OECD 432*</b>	
12. Mahdolliset tiedot haitoista ihmiselle		
*uusimmat in vitro testit on lihavoitu, muut in vitro testit ovat olleet jo pitkään käytössä		

Kosmetiikan toksisuuden testaamiseen suositellaan samoja toksisuuden testiohjeita kuin käytetään muille kemiallisille aineille. EY:n vaarallisten aineiden direktiivin 67/548/ETY Annex V:n mukaiset ohjeet, jotka vastaavat sisällöltään sanatarkasti OECD:n testiohjeita (<http://ecb.jrc.it/testing-methods/>).

Kosmeettisissa valmisteissa on kielletty niiden syöpää aiheuttavien, perimää vaurioitavien ja lisääntymiselle vaaralliseksi luokiteltujen ryhmiin 1, 2 tai 3 kuuluvien aineiden käyttö (ns. CMR-aineet), jotka on Kemikaalilain (744/1989) mukaisessa vaarallisten aineiden luottelossa. Ryhmään 3 kuuluvien aineiden käyttö kosmeettisissa valmisteissa voidaan hyväksyä, jos komission tiedekomitea SCCP on arvioinut ainesosan ja todennut sen soveltuvan käytettäväksi kosmeettisissa valmisteissa. On syytä huomata, että CMR -ominaisuus on todettavissa ainoastaan eläinkokein. Jos ne täysin kielletään kosmetiikan testaamisessa, CMR-ominaisuutta aineelta ei voida tutkia. Lisäksi esimerkiksi formaldehydiä ja sitä vapauttavia yhdisteitä käytetään kosmetiikassa säilöntäaineena, formaldehydi on luokiteltu 1 ryhmän karsinogeeniksi (IARC, 2004).

## 5.6. Kosmeettisten valmisteiden myyntipäällysmarkinnat

Kosmeettisen valmisteen käyttö- ja ulkopakkaukseen on merkittävä uuden kosmetiikkalakiuudistuksen mukaan mm. sisällön määrä, luettelo valmisteen ainesosista niiden painon mukaan alenevassa järjestyksessä, turvallisen käytön kannalta tarpeelliset ohjeet ja varoitukset sekä ne varoitusmerkinnät, joista KTM asetuksessa määrätään. Ainesosat, joita on alle 1 % voidaan merkitä missä järjestyksessä tahansa luettelon loppuun. Ainesosien pitoisuuksia valmisteessa ei tarvitse ilmoittaa. Lisäksi on oltava tieto ajanjaksosta, jonka valmistetta voi käyttää ilman ihmisen terveydelle aiheutuvaa vaaraa sen jälkeen kun se on avattu, jos valmisteen säilyvyysaika on yli 30 kuukautta. Hajuste, jonka on todettu aiheuttavan kosketusallergiaa, on mainittava tuoteselosteessa, mutta muilta osin hajusteita ja aromiaineita ei tarvitse identifioida ainekohtaisiksi.

Kosmetiikkadirektiivin suosituksen mukaisesti kosmeettisten valmisteiden ainesosat ilmoitetaan INCI nimikkeillä, jotka eivät vastaa olemassa olevien ja uusien aineiden nimeämiskäytäntöä (EINECS Information System, <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>). Näin ollen sama kemikaali voidaan ilmoittaa eri nimellä kosmeettisen valmisteen pakkauksessa ja sen esiintyessä yleiseen käyttöön hyväksyttynä kemikaalina. Tämä kosmetiikan käyttämä oma erilainen ainesosien nimityskäytäntö aiheuttaa monenlaisia ongelmia. Itse tuotteesta kuluttajan on vaikea tarvittaessa tunnistaa aineita, joita hänen tulisi välttää (esimerkiksi herkistävät aineet). Asiantuntija- ja viranomaiskäsitellyssä eri nimellä eri yhteyksissä esiintyvien aineiden tunnistaminen samaksi ilman yhdistävää koodia (CAS-numero) on työlästä, altistaa virheille ja saattaa heikentää jo olemassa olevan tiedon käyttöä. Kosmeettisten valmisteiden turvallisen käytön kannalta olisi tärkeää, että INCI nimikkeistöä käytetään vain, jos ainesosalla ei ole saatavissa CAS numeroa ja sen käyttämää nimikkeistöä (toissijaisesti EINECS-numero).

Esimerkiksi biosidina tunnettu bronopoli (CAS 52-51-7) on luokiteltu EY:ssä (EINECS Information System) ja aineluettelossa seuraavasti Xn; R21/22 - Xi; R37/38-41, N;R50. Kemikaaleja koskevassa lainsäädännössä (STM:n asetus 807/2001) annetaan selkeät ohjeet, miten vaaralliseksi luokiteltuja aineita sisältävät valmisteet on merkittävä ja mitkä ovat merkittäessä huomioon otettavat vaarallisten aineiden pitoisuudet valmisteessa. Bronobolin kohdalla kemikaalilainsäädännön mukaiset merkinnät ovat:

Xn Terveydelle haitallista, N Ympäristölle vaarallinen

R 21/22 Terveydelle haitallista joutuessaan iholle ja nieltynä

R 37/38 Ärsyttää hengityselimiä ja ihoa, R 41 Vakavan silmävaurion vaara

R 50 Erittäin myrkyllistä vesielioille

S 2 Säilytettävä lasten ulottumattomissa,

S 26 Roiskeet silmistä huuhdeltava välittömästi runsaalla vedellä (15 min ajan) ja mentävä lääkäriin,

S37/39 Käytettävä sopivia suojakäsineitä ja silmien tai kasvosuojainta,

S 61 Vältettävä päästämistä ympäristöön.

Kosmetiikassa säilöntäaineena käytettävä sama kemikaali ilmoitetaan nimellä 2-bromo-2-nitro-pronane-1,3-diol, enimmäismäärä 0.1 %, rajoitus "vältä nitrosoamiinien muodostumista". *Kosmeettisten valmisteiden ainesosien terveyshaittaa koskevat varoitusmerkinnät olisi loogista yhtenäistää kemikaaleja koskevien merkintöjen kanssa, ottaen huomioon niiden käytön ja pitoisuuden valmisteessa.*

Koska hajusteita ja aromiaineita ei yksilöidä, niiden tunnistaminen valmistemerkinöistä on nykykäytännössä mahdotonta lukuun ottamatta aineita, jotka on nimetty jo herkistäviksi. Myös muiden hajusteiden merkintä olisi perusteltua, koska hajusteet on tavallisia herkistäjiä.

*Kosmetiikan ainesosien merkintätapa tulisi yhtenäistää muiden kemikaalien merkintätavan kanssa. Selkeintä olisi, että kosmetiikassa käytetään ainesosista samoja kemiallisia nimiä, CAS tai EINECS koodeja kuin muussa kemikaalilainsäädännössä.*

## **5.7. Valvonta**

Ensisijainen vastuu kosmeettisten tuotteiden turvallisuudesta on yrityksillä (valmistaja, maahantuojat, myyjä). KTM:n Kuluttajavirasto vastaa kosmeettisten tuotteiden turvallisuuden valvonnasta. Markkinavalvonnalla varmistetaan, että elinkeinonharjoittajien oma valvonta toimii, että tuotteet ja palvelut ovat turvallisia ja että niissä on vaaditut merkinnät. Valvontaa tehdään yhteistyössä lääninhallitusten, kuntien terveystarkastajien ja muiden viranomaisten kanssa. Lisäksi kuluttajavirasto on julkaissut useita kosmeettisia tuoteryhmiä koskevia koostumus- ja turvallisuusselvityksiä. Markkinavalvonta valvoo pistokokein ja tehtyjen valitusten perusteella markkinoilla olevien kosmeettisten valmisteiden turvallisuutta käyttäjille. Kuluttajavirastolla on yrityksiä koskevat rekisteröinti-ilmoitukset sähköisenä tiedostona, mutta ei tietoja yritysten valmistamista tai maahantuomista kosmeettisista valmisteista. Nykykäytännön mukaan, kun epäily kosmeettisen valmisteen haitallisesta terveysvaikutuksesta ilmenee, viranomaisen joutuu selvittämään tuotteen nimestä alkaen kuka on valmistaja tai maahantuojat ja mitä ainesosia kosmeettinen valmiste sisältää ja pyytämään terveysriskin arviota. *Valvonnan ja seurannan kannalta olisi hyödyllistä, että viranomaisilla olisi käytössään valmiina enemmän koottua perustietoa kosmeettisista valmisteista.*



Suomessa ei ole toistaiseksi tarkastettu valmistajalla olevia kosmetiikkaan liittyviä terveysriskin arvioita. Kuluttajavirastossa on nykyään yksi henkilö, jonka toimenkuvaan kuuluu kosmetiikan valvonnan lisäksi myös muiden kulutustuotteiden, kuten pesuaineiden valvonta. Muissa pohjoismaissa Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa pelkää kosmetiikkaa valvoo 3 - 4 täyspäiväistä henkilöä keskusvirastotasolla. Käytännössä työpanos ei ole riittänyt selvityksiin, kuinka hyvin kosmeettisten tuotteiden valmistajat, maahantuoja ja valmistajan edustajat Suomessa pystyvät toimittamaan vaadittavat tiedot ja miten ne täyttävät direktiivin edellytykset. Kosmetiikkaan liittyvä keskusviranomaistoiminta olisi tarpeen harkita kansallisen kemikaaliohjelmassa sekä resurssien riittävyyden että niiden sijainnin osalta. Kosmeettisten valmisteiden ainesosien terveysriskin arvio on samaa toimintaa ja sen kuuluisi tapahtua samoin kriteerein kuin muiden kemiallisten aineiden terveysriskinarvio.

Suomessa ei ole yhtenäistä valtakunnallista järjestelmää, johon koottaisiin tiedot kosmetiikan aiheuttamista sivu/haittavaikutuksista. Kosmetiikan sivuvaikutusrekisteri auttaisi lääkäreitä potilaiden hoidossa, tunnistamaan esimerkiksi allergiaa aiheuttava altiste. Se auttaisi myös tuotteiden valmistajia seuraamaan valmisteidensa haittavaikutuksia, johon heillä on lainsäädännöllinen velvollisuus. Rekisteriin kertyvä tieto olisi luotettavaa, diagnooseihin perustuvaa, jos tieto koottaisiin potilaita hoitavilta lääkäreiltä. Rekisteri auttaisi tunnistamaan ongelma-ainesosat ja -valmisteet ja niihin voitaisiin reagoida. *Suomeen tulisi perustaa kosmeettisten valmisteiden ja niiden ainesosien haittavaikutusrekisteri, josta alan asiantuntijat (esim. lääkärit ja terveydenhoidon ammattilaiset), tuotteiden valmistajat ja mahdollisesti myös kansalaiset pystyisivät seuraamaan tietoja kosmeettisten ainesosien haitallisista vaikutuksista.*

Kosmetiikan mainontaan liittyy epätarkkuutta, johon olisi tarvittaessa syytä myös puuttua. Mainostetaan esimerkiksi "allergiatestattuja" tuotteita. Sanonta ei kuitenkaan paljasta kuluttajalle, sisältääkö valmiste hänelle itselleen allergiaa aiheuttavia ainesosia, ellei kaikkia ainesosia (myös hajusteet) ole kerrottu.

## **5.8. Yhteenveto**

Kosmeettiset valmisteet ovat yksi ehkä eniten ja yleisimmin käytetty kemikaaleja sisältävä tuoteryhmä. Altistuminen kosmetiikan ainesosille on niin laajaa, intensiivistä ja yleistä, että kosmeettisilta valmisteilta on perusteltua vaatia täyttä turvallisuutta. Valmisteista osa on vapaaehtoisessa käytössä, mutta osa välttämättömiä kaikille. Tämä ei kuitenkaan saa vaikuttaa valmisteiden turvallisuusarviointiin.

Kosmeettiset valmisteet sisältävät monia vaaralliseksi luokiteltuja kemikaaleja aineita, joiden merkitystä tuotteen turvallisuuteen ei tunneta. Näitä kemikaaleja käsitellään kosmetiikan ainesosina lainsäädännöllisesti kuitenkin aivan eri tavalla kuin muussa

käytössä, nimeämisestä ja myyntipäälyysmerkinnöistä lähtien. Kosmetiikka on tuoterhyhmä, jossa myös kuluttajat näyttävät olevan valmiita ottamaan kritiikittä isompia riskejä kuin kemikaaleista muussa yhteydessä. Vastuu kosmetiikan turvallisuudesta on siten viranomaisilla.

Kosmeettisten valmisteiden turvallinen käyttö edellyttää, että ainesosien toksisuus on riittävän hyvin tutkittu, tuotteisiin liittyvä terveysriski arvioidaan ja viranomaiset ovat tässä toiminnassa mukana. Hämmästyttävän vähän kosmeettisten valmisteiden ainesosien riskin arvioinnissa käytetään jo olemassa olevia tietoja aineiden terveysvaikutuksista (vrt. EINECS Information System, IUCLID Dataset). Lisäksi samanaikaisesti ollaan vähentämässä terveysvaikutusten arvioinnissa käytettäviä testausmenetelmiä, eläinkokeiden käyttöä. Näyttää, että on perusteltua pyrkiä yhtenäistämään kosmetiikkaan liittyvää lainsäädäntöä kemikaaleja koskevaan lainsäädäntöön. Samoin viranomaistoimintaa ja sen tavoitteita voisi yhtenäistää muun kemikaalitoiminnan kanssa.

## **5.9. Yhteenvedo kosmetiikkaa koskevista suosituksista**

*Tiedon kulkua kosmeettisen valmisteen valmistajan, maahantuojan, vähittäiskaupan ja kuluttajan välillä tulisi parantaa. Tällä hetkellä kuluttaja ei saa ymmärrettävässä muodossa olevia tietoja kosmeettisten valmisteiden sisältämistä ainesosista, niiden ominaisuuksista ja mahdollisista varotoimenpiteistä pystyäkseen käyttämään kosmeettisia valmisteita turvallisesti.*

*Kosmetiikkaan liittyvä viranomaistoiminta ja käytännöt tulisi kokonaisuudessaan arvioida uudelleen ja harkita mahdolliset toimenpiteet sekä Suomen kosmetiikkaan liittyvät tavoitteet EU-tasolla. Tässä yhteydessä olisi kiinnitettävä erityisesti huomiota*

- *kosmetiikan ainesosien selkeään identifiointiin, nimeämiseen ja merkitsemiseen*
- *kosmetiikan turvallisuuden testaamiseen*
- *tietojen saatavuuteen yksittäisten kemikaalien/aineosien käytön rajoituksista*
- *viranomaisten tietojen riittävyyteen kosmetiikkavalmisteista*

*Kosmetiikan turvallisuuden arviointi tulisi toteuttaa samojen tieteellisten periaatteiden mukaan kuin muillekin kemiallisille aineille. Asian varmistamiseksi kosmetiikkaan liittyvä terveysriskinarvio Suomessa olisi perusteltua keskittää paikkaan, jossa siihen on riittävä osaaminen ja kriittinen massa. Työ todennäköisesti edellyttää myös lisäresurssointia asiantuntijatasolla.*

*Suomeen tulisi perustaa viranomaistoimintaan perustuva kosmetiikan sivu/haittavaikutusrekisteri. Tietoja rekisteriin toimittaisivat haittavaikutukset toteava lääkäri (vrt. lääkkeiden sivuvaikutusrekisteri) mutta rekisterin tietojen tulisi olla käytettävissä myös kosmetiikkatuotteiden valmistajille ja tavallisille kansalaisille.*

*Tatuoinnin, kestopigmentoinnin sekä niissä käytettävien väriaineiden terveysriskit ja näiden toimintojen valvonta tulisi selvittää Suomessa. Lisäksi tulisi miettiä, miten uusien, kosmetiikkalainsäädännön ulkopuolelle jäävien kauneudenhoitomenetelmien ja -tuotteiden turvallisuuden arviointi järjestetään.*

*Kansallisella tasolla puuttuu lähes täysin kosmetiikkaa koskeva tutkimustoiminta, jota tarvitaan kosmeettisten valmisteiden terveysvaikutusten seurannassa. Erityisesti tarvittaisiin enemmän seurantatietoa eri väestöryhmien altistumisesta kosmeettisille valmisteille ja kosmeettisten valmisteiden pitkäaikaisen käytön terveysvaikutuksista.*

#### Kirjallisuutta

- |            |  |
|------------|--|
| 744/1989   | Kemikaalilaki, muutos 1147/1994  |
| 1642/1993  | Sosiaali- ja terveysministeriön päätös uusien aineiden ilmoitusmenettelystä  |
| 763/1994   | Terveydensuojelulaki   |
| 624/2001   | Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta   |
| 807/2001   | Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä  |
| 75/2004    | Laki kulutustavaroiden ja kuluttajapalveluiden turvallisuudesta  |
| 22/2005    | Laki kosmeettisista valmisteista   |
| 75/2005    | KTM:n asetus kosmeettisista valmisteista   |
| 67/548/EY  | Neuvoston direktiivi 67/548/ETY vaarallisten aineiden luokitusta, pakkaamista ja merkintöjä koskevien lakien, asetusten ja hallinnollisten määräysten lähentämisestä |
| 76/768/ETY | Kosmetiikkadirektiivi. Neuvoston direktiivi kosmeettisia valmisteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä   |

- 93/35/ETY Kosmetiikkadirektiivin 6. muutos. Neuvoston direktiivi kosmeettisia valmisteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annetun direktiivin 76/768/ETY muuttamisesta kuudennen kerran
- 95/17/EY Komission direktiivi yksityiskohtaisista säännöistä neuvoston direktiivin 76/768/ETY soveltamiseksi yhden tai useamman ainesosan ilmoittamatta jättämisestä luetteloon, joita kosmeettisten valmisteiden merkinnässä käytetään
- 1999/45/EY Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi vaarallisten valmisteiden luokitusta, pakkaamista ja merkintöjä koskevien lakien, asetusten ja hallinnollisten määräysten lähentämisestä
- 2003/15/EY Kosmetiikkadirektiivin 7. muutos. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi: Kosmeettisia valmisteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annetun neuvoston direktiivin 76/768/ETY muuttamisesta

Aalto-Korte K. Hajusteet. Työterveyslääkäri 2001;(1):39-44.

European Commission, Health & Consumer Protection Directorate General Opinion of the Scientific committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment on The BUAV ECEAE report on "The way forward - action to end animal toxicity testing", adopted by the CSTEE during the 41st plenary meeting of 8 January 2004.

European Commission, Directorate General JRC (IHCP/PCE). Risks and Health Effects from Tattoos, Body Piercing and Related Practices, by Demonsthenes Papameliotiou, Alexandre Zenié, Dieter Schwela and Wolfgang Bäumlner. Final Draft (ISPRA, 05 May 2003).

European Commission, ECB/JRC Technical Guidance Document on Risk Assessment Part 1 2003.

European Commission, JRC/PCE/IHCP on behalf of Directorate General for Health and Consumer Protection (DG SANCO). Workshop on "Technical/scientific and regulatory issues on the safety of tattoos, body piercing and of related practices", organised by the ISPRA (VA), Italy 6-7 May 2003.

European Commission, JRC/IHCP. Assessment of additional testing needs under REACH, Effects of (Q)SARS, risk based testing and Voluntary industry initiatives. Finn Pedersen, Jack de Bruijn, Sharom Munn, Kees Leeuwen. September 2003

Hannuksela M. Hajusteet tuoksuvat, herkistävät ja ärsyttävät. *Allergia & Astma* 2003;4.

IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-*tert*-Butoxy-2-propanol (Vol. 88, 2-9 June 2004).

OECD 2005. OECD guidelines for the testing of chemicals (sisältäen 15. lisäyksen).

Paarmas T. Kosmetiikkaa myös allergisille. *Allergia ja Astma* 2004;33(1):13-15, sähköinen versio Kosmetiikka-allergiat ([www.allergiahelsinki.com](http://www.allergiahelsinki.com))

Pauwels M, Rogiers V. Safety evaluation of cosmetics in the EU: Reality and challenges for the toxicologist. *Toxicology Letters* 2004;151:7-17.

Sainio E-L. Ihovoiteiden, deodoranttien ja hiusväriaineiden koostumus ja turvallisuus. Kuluttajaviraston julkaisusarja 1/1994.

Sainio E-L. Kynsilakkojen herkistävät ainesosat. Kuluttajaviraston julkaisusarja 13/1996.

Sainio E-L. Luomivärien raskasmetallit. Kuluttajaviraston julkaisusarja 9/1998.

Sainio E-L. Shampoiden koostumus ja turvallisuus. Kuluttajaviraston julkaisusarja 2/2000.

Sainio E-L. The ingredients, safety, efficacy and stability of sunscreens. National Consumer Administration, Finland, Publication Series 16/1995.

SCCNFP/0690/03 Final: The SCCNFP's notes of guidance for the testing of cosmetic ingredients and their safety evaluation, 5th revision, adopted by the SCCNFP during the 25th plenary meeting of 20 October 2003.

SCCNFP/0834/04: Report for establishing the timetable for phasing out animal testing for the purpose of the cosmetics directive, issued by ECVAM (30/04/2004), adopted by the SCCNFP on 1 July 2004 by means of the written procedure.

Teknokemian yhdistys. Jäsenten myyntitilasto 2003. Kosmeettiset ja hygieniavalmistukset ([www.teknokem.fi](http://www.teknokem.fi)).

Tilastokeskus 2003. Kansantalouden tilinpito, Yksityiset kulutusmenot 1975-2003.

## 6 KULUTUSTUOTTEET

### Matti Viluksela

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

#### Johdanto

Kulutustuotteet ovat erittäin laaja tuoteryhmä, joka sisältää hyvin monenlaisia tuotteita yksittäisistä kemikaaleista ja kemikaalien seoksista, kuten pesu- ja puhdistusaineista tekstiileihin, leluihin, kotitaloustavaroihin, rakennusmateriaaleihin jne. Laajana ryhmänä kulutustuotteissa on suuri joukko erityyppisiä haitallisia kemikaaleja, joille kuluttaja voi altistua ja jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja. Kuluttajien altistuminen kulutustuotteissa oleville kemikaaleille riippuu tuotteesta ja sen käyttötavasta, mutta kuluttajan altistumista on erittäin vaikea arvioida tarkasti. Tästä syystä luotettavia altistumistietoja on hyvin niukasti saatavilla. Yksi mahdollisuus saada jonkinlaista yleiskuvaa kuluttajan altistumisesta kulutustuotteissa oleville kemikaaleille ja altistumisen akuuteista terveysvaikutuksista on tarkastella tilastoja Myrkytystietokeskukseen tulleiden myrkytyskyselyjen aineryhmistä. Näiden tilastojen mukaan teknokemian tuotteet ovat myrkytyskyselyjen toiseksi suurin aineryhmä heti lääkkeiden jälkeen. Taulukossa 6.1 esitetään kaikkien v. 2001 myrkytyskyselyjen aineryhmäkohtainen kokonaismäärä ja osuus kaikista myrkytyskyselyistä.

Viime vuosina (esimerkkivuosi 2001) teknokemian tuotteisiin liittyviä kyselyjä on ollut lähes 8000 kpl vuodessa (keskimäärin n. 20 kyselyä vuorokaudessa, n. 32 % kaikista kyselyistä), joista lähes 2800 kyselyyn on liittynyt myrkytysoireita. Pienten lasten (0–5 v.) osalta teknokemian tuotteet on suurin myrkytyskyselyjä aiheuttanut aineryhmä (lähes 4500 kyselyä vuodessa). Nämä tilastot osoittavat, että kulutustuotteiden riskinhallinnassa on puutteita, vaikka valtaosa kysyjien raportoimista terveysvaikutuksista on ilmeisesti ollut lieviä. Toisaalta kulutustuotteissa olevien kemikaalien mahdolliset pitkäaikaisvaikutukset eivät näy näissä tilastoissa.

**Taulukko 6.1 Myrkytystietokeskuksen kyselyjen aineryhmäkohtainen kokonaismäärä ja oireisten kyselyjen osuus v. 2001. Kulutustuotteita sisältävät aineryhmät lihavoitu. (Myrkytystietokeskuksen vuosiraportti 2000-2001).**

Aineryhmä	Yhteensä	%*	Oireisia	%
Lääkkeet	7848	32,8	3104	39,6
<b>Pesuaineet</b>	3491	14,6	1026	29,4
Kasvit	2884	12,0	471	16,3
Sekalaiset aineet (mm. vierasesineet)	1952	8,1	418	21,4
<b>Kosmetiikka</b>	1002	4,2	242	24,2
<b>Värit, maalit, liimat yms.</b>	992	4,1	225	22,7
<b>Petrolituotteet ja liuottimet</b>	852	3,6	444	52,1
Tupakka	798	3,3	95	11,9
Alkoholit	703	2,9	465	66,1
Sienet	671	2,8	199	29,7
<b>Luontaistuotteet ja lääkkeenomaiset tuotteet</b>	568	2,4	124	21,8
Muut lääkkeet	406	1,7	183	45,1
Myrkylliset kaasut	382	1,6	300	78,5
<b>Syövyttävät aineet (pl. pesuaineet)</b>	244	1,0	194	79,5
Tuhoeläinten torjunta-aineet	241	1,0	96	39,8
Elintarvikkeet	205	0,9	99	48,3
Muut	191	0,8	136	71,2
<b>Hyönteiskarkotteet</b>	162	0,7	44	27,2
Huumeet	130	0,54	116	89,2
Annosteluvirhe**	122	0,51	22	18,0
Ei tietoa	107	0,45	75	70,1
<b>Yhteensä</b>	<b>23951</b>	<b>100,00</b>	<b>8078</b>	<b>33,7</b>
* % kaikista myrkytyskyselyistä joita oli 25 554				
** Terveystieteiden tutkimuskeskuksen toimista				

## 6.2. Lainsäädäntö

Vastuu kulutustuotteiden turvallisuudesta on yksiselitteisesti elinkeinonharjoittajalla. Tuoteturvallisuuslainsäädännön puitteissa kulutustuotteilta ei edellytetä minkäänlaista ennakkohyväksyntää tai ilmoitusmenettelyä ennen markkinoille saattamista. Ilmoitusvelvollisuus koskee ainoastaan kemikaalilain (744/1989) mukaisia valmisteita, jotka on STM:n asetuksen 374/2002 mukaisesti ilmoitettava STTV:n ylläpitämään tuoterekisteriin. Tiedot toimitetaan kaikista niistä kemikaaleista ja kemikaalivalmisteista, jotka voivat aiheuttaa vaaraa terveydelle, ympäristölle tai palo- ja räjähdysvaaraa. Ilmeisesti tällaisia valmisteita on vain pieni osa kaikista kulutustuotteista. Kulutustuotteista ei myöskään tarvitse esittää koostumustietoja. Lainsäädännön puitteissa viranomaisilla on siis hyvin rajalliset mahdollisuudet ennakoida markkinoille tulevien kulutustuotteiden kemiallisia riskejä. Markkinoilla olevien kulutustuotteiden valvonnasta ja yleisestä tuoteturvallisuudesta vastaa Kuluttajavirasto. Alueellinen valvontavastuu on kunnilla, ja kulutustuotteiden maahantuontia, vientiä ja kauttakulkua valvoo Tullilaitos. Muita tuote-

turvallisuutta valvovia viranomaisia ovat mm. Turvatekniikan keskus (TUKES), Ajo-neuvohallintakeskus ja Merenkululaitos. Tuoteturvallisuusvalvonnassa noudatettavan työnjaon mukaisesti Kuluttajavirasto vastaa ensisijaisesti kulutustavaroiden turvallisuuden valvonnasta kuntien keskittyessä pääasiassa paikallisesti tuotettujen kuluttajapalvelusten turvallisuuden valvontaan. Keskeinen periaate on, että markkinoille luovutetusta kulutustuotteesta ei saa aiheutua vaaraa kuluttajan terveydelle.

EY:n lainsäädäntö (Neuvoston direktiivi 92/59/ETY yleisestä tuoteturvallisuudesta) asettaa jäsenmaille velvoitteen huolehtia kansallisella tasolla siitä, että markkinoille saatetut tuotteet ovat turvallisia. Suomessa tuoteturvallisuuslain on korvannut 16.2.2004 voimaan tullut laki kulutustavaroiden ja kuluttajapalvelusten turvallisuudesta (75/2004). Siinä pyritään kulutustuotteisiin liittyvien riskien hallintaan asettamalla elinkeinonharjoittajalle (valmistaja, maahantuoja, myyjä) neljä velvoitetta:

1. Kulutustavarasta ei saa aiheutua vaaraa terveydelle tai omaisuudelle. "Elinkeinonharjoittajan sekä muun palvelun tarjoajan on olosuhteiden vaatiman huolellisuuden ja ammattitaidon edellyttämällä tavalla varmistauduttava siitä, että kulutustavarasta tai kuluttajapalveluksesta ei aiheudu vaaraa ... terveydelle tai omaisuudelle"
2. Elinkeinonharjoittajalla on selvilläolovelvollisuus. "Elinkeinonharjoittajalla ja muulla palvelun tarjoajalla on oltava riittävät ja oikeat tiedot kulutustavarasta ja kuluttajapalveluksesta sekä niihin liittyvistä riskeistä".
3. Elinkeinonharjoittaja veloitetaan korjaamaan havaitut epäkohdat. "Jos elinkeinonharjoittaja tai muu palvelun tarjoaja saa tietoonsa tai hänen tulisi ammattitaitonsa perusteella hallussaan olevien tietojen perusteella pystyä pääättelemään, että kulutustavarasta tai kuluttajapalveluksesta aiheutuu vaaraa ... terveydelle tai omaisuudelle, hänen on ilmoitettava tästä välittömästi valvontaviranomaiselle (Kuluttajavirasto, kunnat). Elinkeinonharjoittajan ja muun palvelun tarjoajan on samalla ilmoitettava, mihin toimenpiteisiin hän on jo ryhtynyt vaaran takia. Elinkeinonharjoittajan ja muun palvelun tarjoajan on tehtävä yhteistyötä valvontaviranomaisen kanssa vaaran torjumiseksi tämän sitä pyytäessä."
4. Kuluttajan tulee saada tarpeelliset tiedot tuotteeseen liittyvistä riskeistä. Elinkeinonharjoittaja veloitetaan antamaan kuluttajalle ymmärrettävässä muodossa tuotteeseen liittyvät vaaran arvioimiseksi tarvittavat tiedot ja vaaran torjumisen tai ehkäisemisen kannalta tarpeellisia käyttö- tai toimintaohjeita, varoituksia ja muuta tietoa.

Periaatteessa laki kulutustavaroiden ja kuluttajapalvelusten turvallisuudesta on siis varsin hyvä instrumentti kulutustuotteisiin liittyvien kemiallisten riskien hallintaan.



Myrkytystietokeskuksen tilastojen (Taulukko. 6.1) ja Kuluttajaviraston lelujen turvallisuutta koskevien tarkastusten (kappale 6.4) perusteella näyttää ilmeiseltä, että lain toimeenpano ei käytännössä toteudu kovinkaan hyvin. Tämä johtuu ensisijaisesti siitä, että elinkeinonharjoittaja ei läheskään aina noudata selvilläolovelvollisuutta, ei ole tarpeeksi aktiivinen ennakoimaan ja korjaamaan puutteita ja epäkohtia, eikä välittämään kuluttajalle riittävää tietoa tuotteiden riskeistä. Näiden epäkohtien voidaan katsoa olevan seurausta valvonnan riittämättömyydestä, hajanaisuudesta tai väärin kohdennetuista resursseista sekä puutteellisesta valistuksesta. Kuluttaja saattaa siis myös itse aiheuttaa ongelman: hänellä ei välttämättä ole tarpeellisia perustietoja, hän ei perehdy tuotteen käyttöohjeisiin tai ei noudata niitä. Tämä käy selvästi ilmi äskettäin julkaistussa tutkimuksessa torjunta-aineiden käyttötavoista kotitalouksissa (kappale 6.8).

### **6.3. Altistuminen kemikaaleille kulutustuotteiden elinkaaren eri vaiheissa**

Muodostettaessa kokonaiskuvaa kulutustuotteisiin liittyvistä kemiallisista riskeistä, on otettava huomioon kaikki niiden elinkaaren vaiheet tuotannosta jätteiden käsittelyyn. Kuluttajan kannalta keskeistä on altistuminen kulutustuotteissa oleville tai niistä vapautuville kemikaaleille nimenomaan tuotteen käytön yhteydessä, joka riippuu lähinnä tuotteen koostumuksesta ja sen käyttötavasta. Kulutustuotteiden elinkaaren muihin vaiheisiin liittyvät riskit ovat tyypillisesti työterveysriskejä ja jätehuoltoon liittyviä ympäristö- ja terveysriskejä. Taulukkoon 6.2 on koottu tavanomaisimpia kodeissa esiintyviä kulutustuotteista peräisin olevia ongelmajätteitä. Siinä on myös arvioitu elinkaaren vaihe (tuotteen käyttö / jäte), jossa ne muodostavat suuremman altistumisriskin.

**Taulukko 6.2 Tavanomaisia kuluttajatuotteista peräisin olevia koteihin kertyviä ongelmajätteitä sekä elinkaaren vaihe (käyttö, jätteenä), jossa niille altistutaan todennäköisemmin tai ne muodostavat merkittävemmän (ympäristö) terveysongelman.**

Kulutustuote	Käyttö*	Jäte*
Puunsuojakemikaalit	X	x
Puu, joka sisältää vaarallisia aineita (kyllästetty puu)		X
Liuottimia sisältävät maalit, lakat	X	
Liuottimet	X	
Liimat, hartsit	X	
Hapot	X	
Emäkset	X	
Raskasmetalleja sisältävät paristot (kadmium, elohopea)		X
Lyijyakut, lyijykadmiumakut		X
Elohopeaa sisältävät tuotteet (kuumemittarit)	X	x
Loisteputket (elohopea)		X
Torjunta-aineet	X	x
Lääkkeet		X
Moottori- ja voiteluöljyt		X
Jarrunesteet		X
Sähkö- ja elektroniikkalaitteet, jotka sisältävät vaarallisia osia		X
Rakennusten purkujätteet (asbesti)	X	x

\*Symbolin koko (X, x) kuvastaa ongelman suuruutta.

Tässä kappaleessa arvioidaan yksityiskohtaisemmin aineita ja tuotteita, joille altistutaan todennäköisemmin käytön aikana. Aineet, jotka ovat todennäköisempiä ympäristöterveysongelmia vasta jätteenä, käsitellään yksityiskohtaisemmin kappaleessa 7 Jätteet ja jätevedet.

#### 6.4. Lelut

Leluilla tarkoitetaan kulutustuotteita, jotka on suunniteltu alle 14-vuotiaiden lasten leikkeihin. Kulutustuotteiden kemiallisten riskien kannalta lelut ovat erityisasemassa, koska niitä käyttävät lapset, jotka saattavat käyttää leluja alkuperäisestä käyttötarkoituksesta poikkeavalla tavalla ja joiden elimistö voi olla aikuisen elimistöä herkempi kemikaalien toksisille vaikutuksille. Lelujen koostumuksesta säädetään laissa lelujen turvallisuudesta (287/1997) sekä yhdeksässä yksityiskohtaisessa EU- ja EFTA-maiden yhteisessä standardissa. Lain mukaan lelut eivät saa sisältää kemikaalilaissa tarkoitettuja vaarallisia kemikaaleja siinä määrin, että ne voivat vaarantaa leluja käyttävien lasten terveyttä. Lisäksi laissa todetaan, että leluissa olevan kemikaalin aiheuttamaa terveysvaaraa arvioitaessa käytetään perustana leluista elimistöön joutuvan kemikaali-

lin määrää. Lelujen katsotaan täyttävän kemiallista koostumusta koskevat vaatimukset, jos ne ovat lelujen kemiallisia ominaisuuksia koskevien yhdenmukaistettujen standardien mukaisia tai niille on tehty EY-tyyppitarkastus. Lain vaatimusten mukaan valmistetut lelut tulee varustaa CE-merkinnällä, jolla lelun valmistaja tai Euroopan yhteisöön sijoittautunut valmistajan edustaja vakuuttaa, että lelut ovat kyseisten vaatimusten mukaisia. On kuitenkin huomattava, että CE-merkintä ei takaa lelujen turvallisuutta tai laatua.

Merkittävimpiä lelujen ongelmakemikaaleja ovat raskasmetallit lyijy ja kadmium sekä ftalaatit. Periaatteessa näiden kemikaalien riskit on hallittavissa hyvin voimassa olevan lainsäädännön avulla. Tästä on esimerkkinä USA:ssa tehty riskinarviointi, jossa selvitettiin pienten lasten suuhun pantavissa leluissa 1980-luvun puolivälistä lähtien käytössä olleen PVC-muovin pehmentimen, di-isononyyliftalaatin riskejä (Babich ym., 2004). Sen mukaan lapset eivät altistu näissä leluissa olevalle di-isononyyliftalaatille siinä määrin, että terveysriski olisi todennäköinen. Lelujen pistokokeenomaisen markkinavalvonnan huonosta kattavuudesta johtuen markkinoilla voi kuitenkin olla sellaisia leluja, jotka eivät täytä lain vaatimuksia.

Kuluttajavirasto ja Tulli valvovat maahantuotavia ja myytäviä leluja. Käytännössä valvonta tapahtuu pistokokeenomaisesti, ja valvonnan kattavuus on vain n. 4 % nimikkeistä. Valvonnassa havaittavat lelujen turvallisuuteen liittyvät puutteet ovat varsin tavallisia. Kuluttajavirasto on tutkinut esim. joululelujen turvallisuutta vuosittain kymmenen vuoden ajan, ja tulosten perusteella vain n. 60 – 70 % tuotteista täyttää vaatimukset, 20 – 30 %:lla on puutteita merkinnöissä ja n. 10 % vakavia vikoja tai puutteita, jotka johtavat myynnistä poistamiseen tai myyntikieltoon. Näistä 20 – 30 % johtuu kemiallisista puutteista. Yleensä puutteet liittyvät lelujen mekaanisiin ominaisuuksiin. Tämä osoittaa, että markkinoilla on todennäköisesti suuri määrä leluja, jotka saattavat aiheuttaa riskin kuluttajalle. Tämä epäkohta on poistettavissa vain valvontaa tehostamalla.

## **6.5. Pesu- ja puhdistusaineet**

Pesu- ja puhdistusaineet ovat keskeinen tuoteryhmä, jolle kuluttajat altistuvat päivittäin. Tämä näkyy selvästi myös Myrkytystietokeskuksen tilastoissa (Taulukko 6.1). Tekstiilien pesuaineiden koostumuksessa tapahtui merkittävä muutos 1990-luvun alussa. Veden pehmentimenä (kalsiumin ja magnesiumin sitojina) käytetyt fosfaatit korvattiin saven kaltaisilla synteettisillä zeoliiteilla (alumiinisilikaatteja,  $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12} \times 27\text{H}_2\text{O}$ ) lähinnä fosfaattien vesistöjä rehevöittävän vaikutuksen takia. Zeoliitit ovat rakenteeltaan ja koostumukseltaan laaja ryhmä. Niitä on kuvattu yli 100, joista 40 on luonnossa esiintyviä. Zeoliitit toimivat ioninvaihtajina, ja vähentävät veden kovuutta vaihtamalla kalsiumin natriumiin. Zeoliitit eivät hajoa jä-

teveden puhdistuksessa, vaan sedimentoituvat saostusaltaissa. Zeoliitteja voi jäädä myös pestyjen tekstiilikuitujen sekaan. Samoihin aikoihin zeoliittien käyttöönoton kanssa markkinoille tuli vettä säästäviä pesukoneita. Lisäksi perinteisesti annosteltavien pesuaineiden tilalle tulivat tiivisteet, joita käytetään huomattavasti pienempinä annoksina. Jos zeoliittia sisältävää pesuainetta käytetään liian suurina määrinä ja pyykki huuhdotaan pesuohjelmassa pienellä vesimäärällä, ei zeoliitti huuhtoudu kunnolla pois. Pahimmillaan pesutulos on huono ja kuluttaja voi altistua zeoliittipartikkeleille, kun zeoliittipölyä jää vaatteisiin. Siksi on tärkeää, että pesuainetta annostellaan oikein eikä pesukonetta täytetä liian täyteen. Voidaan myös kysyä onko zeoliittien käyttö lainkaan tarpeellista vesistöjen rehevöitymisen kannalta, koska fosfaattien poistaminen on riittävän tehokasta käytössä olevalla jätevesien puhdistustekniikalla. EU:n pesuaineasetus (648/2004) edellyttää, että komissio laatii raportin fosfaatin käytöstä ja sen mahdollisista rajoituksista huhtikuuhun 2007 mennessä. Tähän selvitykseen kuuluu myös fosfaatin vaihtoehtojen (mukaanlukien zeoliitin) käytön arvio.

Euroopassa pesuaineisiin käytetään zeoliittejä n. 650 000 t vuodessa. Suuresta käytömäärästä johtuen on tärkeää selvittää kuluttajan altistuminen zeoliiteille ja zeoliittien terveysvaikutukset. Terveysvaikutusten kannalta haitallisimpia ovat pitkäkuituiset luonnon zeoliitit, kuten erioniitti. Pesuaineissa käytetään ainoastaan synteettisiä zeoliittejä, joiden molekyyliarakenteessa ei ole kuitumaisia elementtejä, ja joita yleisesti pidetään haitattomina. Yleisin pesuaineissa käytettävistä zeoliiteista on zeoliitti A, jota on pesuaineissa n. 20-34 %. Sen partikkelikoko on keskimäärin 2 µm (0.7-3 µm), joten se kuuluu hengitettäviin partikkeleihin. Pesuainevalmistajien käynnistämä HERA-projekti (Human and environmental risk assessment on ingredients of European household cleaning products) on äskettäin tehnyt olemassa olevaan, osin puutteelliseen aineistoon perustuen zeoliitti A:n riskinarvioinnin (HERA, 2004). Sen mukaan zeoliitti A:n nykyinen käyttö pesuaineissa ei aiheuta ympäristö- eikä terveysriskiä. Kuluttaja voi altistua zeoliiteille ihon kautta pestessään käsin pyykkiä ja käyttäessään vaatteita, joissa on zeoliittijäämiä. Tällaisen altistumisen terveysvaikutukset ovat todennäköisesti hyvin vähäiset, koska zeoliitti A ei aiheuta ihoärsytystä eikä ole herkitävä. Toisaalta sen pitkäaikaisia ihovaikutuksia eikä imeytymistä ihon läpi ole tutkittu. Toinen todennäköinen altistumisreitti on hengitysteitse zeoliittijäämiä sisältävien tekstiilien käsittelyn ja käytön yhteydessä. Makaki-apinoilla tehdyssä pitkäaikaisessa inhalaatioaltistustutkimuksessa zeoliitti A ei aiheuttanut monille silikaateille tyypillistä keuhkofibroosia eikä systeemisiä toksisia vaikutuksia. Sen sijaan todettiin lievempiä keuhkomuutoksia, kuten makrofagien kerääntymistä keuhkoihin sekä bronkioliittia ja alveoliittia (ilmatiehyeiden ja keuhkorakkuluiden tulehdusta). Alin pitoisuus, jolla nämä vaikutukset todettiin, oli 1 mg/m<sup>3</sup>, mutta alhaisempia pitoisuuksia ei ole tutkittu. Siten mahdollisuutta, että alhaisemmilla pitoisuuksilla olisi vaikutuksia

keuhkoihin, ei voida sulkea pois. Myöskään zeoliitti A:n imeytymistä keuhkoista ei ole tutkittu. Altistuminen zeoliiteille suun kautta on epätodennäköistä, eikä siihen ole todettu liittyvän merkittäviä terveysriskejä. Kahden vuoden karsinogeenisuuskokeessa rotalla rehuun sekoitettu zeoliitti A (suurin annos 62.2 mg/kg/vrk) ei aiheuttanut mitään merkittäviä toksisia vaikutuksia.

Tahrojen poistamisen nopeuttamiseksi pesuaineissa käytetään entsyymejä, jotka valmistetaan yleensä bioteknisillä menetelmillä mikrobien avulla. Tärkeimpiä pesuaineiden entsyymejä ovat proteaasit, lipaasit, amylaasit ja sellulaasit. Useat entsyymit ovat osoittautuneet vahvoiksi allergeeneiksi, ja allergian syntymekanismina on yleensä IgE-välitteinen välitön yliherkyys. Allergisoitumisen kannalta ongelmallisimpia ovat jauhemaiset pölyävät pesuaineet. Nestemäisiä valmisteita käytettäessä riskit ovat selvästi pienempiä.

Huuhteluaineet sisältävät lähinnä tekstiilikuitujen hoitoon tarkoitettuja aineita, jotka mm. pehmentävät kuituja ja poistavat sähköisyyttä. Ne eivät ole välttämättömiä pesutuloksen kannalta. Huuhteluaineet voivat sisältää monia erityyppisiä kemikaaleja, esim. kationiaktiivisia tensidejä, hajusteita ja säilytteitä. Huuhteluaineen kemikaaleja jää tekstiilikuidun pintaan ja niistä erityisesti hajusteet saattavat aiheuttaa allergisia reaktioita. Pesuaineiden hajusteille allergisia on n. 0.5-1% kuluttajista.

## **6.6. Tekstiilit**

Tekstiilien värjäyksessä ja viimeistelyssä käytetään kolmeen ryhmään kuuluvia kemikaaleja: 1) peruskemikaalit (esim. orgaaniset hapot, emäkset, vetyperoksidi), 2) väriaineet (tekstiilivärit, pigmenttivärit), ja 3) viimeistysaineet (esim. siliävyys- kyllästys- ja palonsuojausaineet) (ks. Työterveyslaitoksen kansallisen kemikaaliohjelman raportti, 2005). Näistä kuluttajan altistumisen kannalta merkittävimpiä ovat väriaineet ja viimeistysaineet - etenkin sellaiset aineet, jotka irtoavat tekstiileistä käytön aikana. Yleisin altistumistapa on ihokontakti.

Kuluttajat voivat altistua myös värjätessään tekstiilejä itse tai käsitellessään niitä kyl-  
lästys- ja palonsuojausaineilla. Tällöin altistumista voi tapahtua myös hengitysteitse  
esim. hengitettäessä suihkemuodossa annosteltavaa kemikaalia. Lisäksi tekstiilien  
pesun yhteydessä niissä olevia kemikaaleja joutuu jätevesien mukana puhdistamoihin  
ja edelleen vesistöihin.

**Taulukko 6.3 Tekstiilien kemikaalit ja niihin liittyvät terveysriskit kuluttajalle  
ja myyjälle sekä vesiympäristöön kohdistuvat riskit (Larsen ym., 2000).**

Kemikaali	Kuluttajan terveysriski	Myyjän terveysriski	Riski vesiympäristölle
Nikotiini	+	-	+
Naftaleeni	(-)	+	-
Dietyyliheksyyliatlaatti	(+)	-	+
<i>o</i> -Kloorifenoli	(+)	+	-
C3- alkyylibentseenit	+	-	-
C4- alkyylibentseenit	+	-	-
Tetrakloorietyleeni	+	-	-
<i>p</i> -Kloorianiliini	+	-	(-)
<i>p</i> -Nitroaniliini	+	-	-
Tolueeni di-isosyanaatti	+	+	-
Akridiini	(+)	(+)	+
Nitrobentseeni	+	-	-
Barium (liukoinen)	(+)	(+)	-
Kadmium	(+)	(+)	+
Koboltti	(+)	-	(-)
Kromi	(+)	-	+
Lyijy	(+)	(+)	+
Arseeni	(+)	(+)	-
Elohopea	(+)	(+)	-
Tina	(+)	(+)	(-)
Nikkeli	(+)	-	-
Sinkki	-	-	+
Nonyylifenolietoksylaatit	(-)	-	+
2,6-Dikloori-4-nitroaniliini	-	-	+
2-Kloori-4-nitroanilini	(-)	-	+
6-Metyyli-3-nitroaniliini	(-)	-	+
Difenyyliamiini	(-)	-	+
Kupari	-	-	(-)
4-Methyyli-3-nitroaniliini	*	*	(-)
N-butyyl sulfonamidi	*	*	(-)

Merkkien selitykset: +: riski; (+): vähäinen riski; (-): rajatapaus; -:ei riskiä

\*: ei arvioitu puutteellisten tietojen takia

Tanskan ympäristöhallinnon julkaisemassa raportissa (Larsen ym., 2000) on arvioitu  
tekstiileissä olevien kemikaalien riskejä ja karkeasti myös riskien suuruutta. Arvio

perustuu tanskalaisista tekstiileistä tehtyyn kemialliseen analyysiin, pesukokeeseen, jossa tutkittiin kemikaalien päätymistä pesu- ja huuhteluveteen sekä yksittäisten kemikaalien ympäristö- ja terveysriskien arviointiin. Riskinarvion kemikaalikohtaiset päätulokset on esitetty Taulukossa 6.3.

#### 6.6.1 Väriaineet

Tekstiilivärit voidaan jakaa käyttötapsansa perusteella kahteen päätyyppiin, tekstiilikuituun sitoutuviin varsinaisiin tekstiiliväreihin sekä pigmenttiväreihin, jotka kiinnitetään kuituihin sideaineen avulla ja jotka levitetään kankaaseen silkipainomenetelmällä. Tällä hetkellä on tiettävästi käytössä ainakin useita satoja tekstiilivärejä, joista suurin osa kuuluu ns. olemassa oleviin kemikaaleihin. Ne ovat olleet käytössä ennen vuotta 1983, ja monet niistä ovat puutteellisesti testattuja. Käytössä on ollut runsaasti karsinogeenisiksi ja mutageenisiksi osoittautuneita tekstiiliväriaineita. Äskettäin julkaistussa EU:n rahoittamassa tutkimuksessa selvitettiin sellaisten EU:n alueella kaupallisessa käytössä olevien tekstiilivärituotteiden mutageenisuutta, joista ei ollut lainkaan aiempaa mutageenisuustietoa (Jäger ym., 2004). Monet näistä tuotteista ovat eri väriaineiden ja muiden lisäaineiden seoksia. Tuotteet testattiin Amesin bakteerimutagenisuustestillä käyttäen kahta *Salmonella typhimurium* -kantaa. Testatuista 53 värituotteesta 28% (15 kpl) osoittautui mutageenisiksi. Laajemman kirjallisuusselvityksen perusteella arvioitiin, että markkinoilla olevista tekstiilivärituotteista ainakin 10% olisi mutageenisia. Tämän perusteella on todennäköistä, että markkinoilla on lukuisia syöpävaarallisia tekstiilien väriaineita. Lisäksi on mahdollista, että aiemmin testamattomien väriaineiden joukossa on ihoa ärsyttäviä ja herkistäviä aineita.

#### 6.6.2. Viimeistysaineet

Viimeistysaineita käytetään lähinnä tekstiilien siliävyys-, stabilointi-, kyllästys- ja palonsuojauskäsittelyihin. Moniin näistä käsittelyistä on aiemmin liittynyt kuluttajan altistumista formaldehydille ja sen seurauksena jonkin verran allergista kosketusihotumaa ja hengitysteiden herkistymistä. Lisäksi formaldehydi on luokiteltu syöpäaiheuttavaksi kemikaaliksi. Formaldehydin vapautuminen nykyisin käytössä olevista viimeistysaineista on kuitenkin selvästi vähentynyt.

Tekstiilien ja nahan kyllästysaineina käytetyt fluoropolymeerit ja perfluoratut alkyloidut aineet (PFAS) on viime aikoina todettu erittäin ongelmalliseksi kemikaaleiksi. Ne ovat varsin yleisiä kyllästysaineita, ja fluoropolymeerejä on mm. kuluttajien käyttöön tarkoitetuissa suihkevalmisteissa, joissa liuottimina ja ponneaineina on erilaisia hiilivetyjä. Tällaisten valmisteiden käytön on kuvattu aiheuttaneen lukuisia keuhkotulehdustapauk-

sia useissa maissa, mm. Saksassa, Yhdysvalloissa, Kanadassa, Japanissa, Tanskassa ja Sveitsissä. Poikkeukselliset mittasuhteet tämä ilmiö saavutti Sveitsissä, jossa kyllästysainesuihkeiden käyttöön liittyen raportoitiin 150 hengitystieoiretapausta 3 kk:n aikana (tammi-maaliskuu 2003). Samaan aikaan Sveitsissä oli otettu käyttöön uusi akrylaattifluoropolymeerivalmiste. Suurimmassa osassa tapauksista oli kyse lattiapintojen kylästyskäsittelyn yhteydessä tapahtuneesta työperäisestä altistumisesta, mutta samaa tuotetta on myyty myös kuluttajien käyttöön erilaisten pintojen kyllästämiseen.

Toistaiseksi ei ole tietoa siitä millaisia vaikutuksia fluoropolymeerejä tai PFAS-yhdisteitä sisältävällä tekstiilipölyllä on ja liittykö näillä aineilla käsiteltyjen tekstiilien käyttöön kuluttajaan kohdistuvia riskejä. PFAS-yhdisteitä käsitellään myös kappaleessa 6.8.2.

Palonestoaineina on aiemmin käytetty kemikaaliryhmiä, jotka ovat sekä toksisia että pysyviä ja kertyviä. Tällaisia ovat polybromatut bifenyylit ja polybromatut difenyyli-eetterit. Niiden käyttöön liittyvät riskit on kuitenkin jo pääosin hallinnassa kieltojen ja rajoitusten avulla.

## **6.7. Rakennusmateriaalit**

Rakennusmateriaalit voivat aiheuttaa kemiallisia riskejä kuluttajalle lähinnä silloin, kun niistä vapautuu tai irtoaa haitallisia kemikaaleja esim. sisäilmaan tai ihokontaktin välityksellä kuluttajan iholle. Tällaisia kemikaaleja ovat mm. puunsuojakemikaalit, maalit, lakat, liuottimet, rakennusmateriaalin tietyt komponentit, kuten formaldehydi tai rakennusmateriaali itse, esim. asbesti.

Merkittävä osa rakennusmateriaalien kemiallisista riskeistä liittyy, kromia, kuparia ja arseenia sisältävillä suolakyllästeillä tai kreosoottijellyllä käsiteltyyn puutavaraan. Altistumista näille toksisille yhdisteille tapahtuu lähinnä ihokontaktin välityksellä. Kromia, kuparia ja arseenia sisältäneellä puunsuoja-aineella käsitellyistä lasten leikkikentän kalusteista on todettu irronneen lasten käsiin tavanomaisen leikkimisen yhteydessä arseenia. Tämä arseeni (osittain hiekassa) lisäsi elimistön arseenikuormaa enimmillään kolmanneksella päivässä. On todettu, että 2–6 -vuotiaat lapset laittavat kätensä suuhun keskimäärin 8–10 kertaa tunnissa. Käsien pesu vähensi tehokkaasti tätä arseenialtistusta.

Kyllästetyn puutavaran terveys- ja ympäristöriskien riskinhallintatoimenpiteenä sen käyttöä on rajoitettu voimakkaasti viime vuosina. Sekä kreosoottijellyllä kyllästettyä että arseenia sisältävää puutavaraa saavat käyttää ainoastaan rakennusalan ammattilaiset tarkoin rajatuissa kohteissa. Tällaisen puutavaran käyttö on kokonaan kielletty leikkikentillä ja kohteissa, joissa toistuva ihokosketus on mahdollinen sekä ravinnon kanssa kosketuksiin joutuissa kohteissa. Ammattikäyttöön rajaamisen tavoitteena on ilmeises-



ti ollut rakentamisen aikaisen altistumisen vähentäminen ja syntyvien ongelmajätteiden ympäristöön leviämisen estäminen. On kuitenkin luultavaa, että tämä tavoite ei välttämättä toteudu käytännössä kovinkaan hyvin. Kokemuseräisesti arvioituna rakennusalan ammattilaisten usein urakkaluonteisessa työtavassa rakennusjätteiden käsittely on tyypillisesti paljon huolettomampaa kuin esim. omalla pihallaan rakentavalla ei-ammattilaisella. Lastulevyjen ureaformaldehydihartsin hajoamistuotteena muodostuva ja sisäilmaan vapautuva formaldehydi oli vielä muutamia vuosikymmeniä sitten merkittävä sisäilmaongelma. Rakennusmateriaalien kehittymisen myötä tämä ongelma on kuitenkin saatu hallintaan, ja formaldehydin vapautuminen sisäilmaan nykyisin käytössä olevista modifioiduista ureaformaldehydihartsista on aiempaa paljon vähäisempää (ks. Hengitysilma, luku 2.11 Sisäilmaan liittyvät erityiskysymykset).

## **6.8. Poikkeukselliset altistumistilanteet ja ongelmalliset kemikaalit**

Kulutustuotteisiin liittyvien kemiallisten riskien kannalta erityisen ongelmallisia ovat tilanteet, joissa kuluttajan altistuminen haitallisille kemikaaleille on todennäköistä ilman että kuluttaja tunnistaa ilmeistä altistumis- tai vaaratilannetta. Tällaisia tilanteita ovat mm. erilaisten suihkeiden, kuten hiuslakkojen, tekstiilinkyllästysaineiden tai uunin puhdistusaineiden käyttö sisätiloissa, jolloin suihkeaerosolia joutuu helposti hengitysvyöhykkeelle. Hiuslakkasuihkeiden ponnekaasut (esim. butaani) voivat myös syttyä helposti esim. käytettäessä hiustenkuivaajaa. Muovituotteista, sähkölaitteista, rakennus- ja sisustusmateriaaleista, huonekaluista ja tekstiileistä voi vapautua sisäilmaan puolihaihtuvia orgaanisia yhdisteitä (SVOC), kuten ftalaatteja ja palonestoaineita (organofosforiyhdisteet, klooratut organofosforiyhdisteet, bromatut palonestoaineet). Erilaisten harrastusten yhteydessä kuluttaja ei välttämättä ymmärrä käyttää henkilökohtaisia suojaimia tai kohdepoistoja, vaan voi "huomaamattaan" altistua maalien ja lakkojen liuottimille, hiontapölylle jne. Lisäksi kuluttaja voi tietämättään altistua sellaisille kemikaaleille, jotka ovat poikkeuksellisen toksisia tai kertyviä verrattuna kulutustuotteiden kemiallisiin riskeihin yleensä (esim. PFAS-yhdisteet).

### **6.8.1. Suihkeet (Spray-tuotteet)**

Yksi yleisimmistä poikkeuksellisista altistumistilanteista liittyy erilaisten suihkeiden ja spray-valmisteiden käyttöön. Tällaiset valmisteet ovat yleistyneet huomattavasti viime aikoina monissa erityyppisissä tuoteryhmissä. Tyypillisiä suihkevalmisteiden käyttöalueita ovat perinteisten hyönteissumutteiden, maalien, deodoranttien, hiuslakkojen ja muiden kauneudenhoitotuotteiden lisäksi pesu- ja puhdistusaineet sekä nahankäsittelyaineet. Monet näistä sisältävät voimakkaita paikallisesti tai systeemisesti vaikuttavia kemikaaleja, kuten emäksiä, detergentejä ja liuottimia. Etenkin sisätiloissa käytettynä tällaiset tuotteet voivat johtaa altistumiseen, jota kuluttaja ei välttämättä

osaa ennakoida, ja seurauksena voi olla esim. hengitysteihin, silmiin tai ihoon kohdistuvia paikallisia haittavaikutuksia tai hengitysteiden kautta tapahtuvaa systeemistä altistumista (ks. kappale 6.9). Jonkinlaisen viitteen mahdollisesta työperäisestä terveysvaikutuksesta voi antaa pohjoismaisessa aineistossa havaittu kampaajien kokonais-syöpäilmaantuvuuden lievä, mutta tilastollisesti merkitsevä nousu (vaarasuhde 1.12) väestön keskiarvoon verrattuna. Lisäksi kampaajina tai partureina toimivien naisten kokonaiskuolleisuus oli keskimääräistä suurempi Suomessa vuosina 1996-2000 (ikävakioitu kuolleisuusindeksi 283; vakioväestön keskimääräistä kuolleisuutta kuvaava kuolleisuusindeksi = 100).

#### 6.8.2. Perfluoratut alkyloidut aineet

Perfluoratut alkyloidut aineet (PFAS) on ryhmä teollisuuden laajalti käyttämiä kemikaaleja, joita on löydetty mm. hyvin monista kulutustuotteista. Näitä yhdisteitä on käytetty laajasti ja käytetään osittain vieläkin mm. tekstiiliteollisuudessa, metalliteollisuudessa, sammutusvaahdoissa, valokuvien valmistuksessa, puolijohdeteollisuudessa ja ilmailuteollisuudessa. Nämä yhdisteet ovat kemiallisesti hyvin kestäviä (käytännössä sekä ympäristössä että elimistössä täysin hajoamattomia) ja siten biokertyviä ja myös hyvin toksisia. Niitä on tavattu ympäristönäytteissä maapallon kaikissa osissa. Tärkeimmät toksiset vaikutukset ovat sikiökuolleisuus ja maksavauriot.

Näiden haitallisten ominaisuuksien takia PFAS-yhdisteiden suurin valmistaja 3M on vapaaehtoisesti vähentänyt ja lopettanut näiden yhdisteiden valmistamisen v. 2001 alkaen. Ennen PFAS-yhdisteiden käytön rajoittamista niiden käyttö on ollut varsin laajaa ja käyttömäärät suuria. Vielä v. 2001 Iso-Britanniassa arvioitiin kokonaiskäytön olleen n. 400 t/v. Tästä määrästä tekstiili- ja turkistuotteiden käsittelyyn käytettiin n. 196 t/v, paperituotteiden käsittelyyn n. 60 t/v, erilaisiin ulkokäyttötarkoituksiin n. 70 t/v, palonestoaineisiin n. 65 t/v ja muihin käyttötarkoituksiin n. 10 t/v. PFAS-yhdisteiden käyttömääristä Suomessa ei ole toistaiseksi arvioita, mutta Taulukossa 6.4 on esitetty niiden käyttö Norjassa v. 2002. PFAS-yhdisteitä on käytetty monissa erityyppisissä kulutustuotteissa vielä viime vuosiin asti. Tekstiili- ja paperituotteiden lisäksi niitä ollut mm. shampoissa, hampaiden puhdistusaineissa, ihorasvoissa, astianpesukoneiden huuhteluaineissa, autonpesuaineissa, uuninpesuaineissa, kuivapesuaineissa, kiillokkeissa, lattia- ja autovahoissa, ja muurahaissyöteissä. Ihmisen altistuminen PFAS-yhdisteille suoraan kulutustuotteista on siten ollut hyvin todennäköistä. Kulutustuotteista näitä yhdisteitä päättyy myös kaatopaikoille ja viemäriverkostoon. Pohjoismaisen ministerineuvoston rahoittamassa tutkimuksessa (Kallenborn ym., 2004) korkeimmat ympäristöpitoisuudet mitattiin kaatopaikkojen suotovesistä ja jätevesistä. Huomattavan korkeita pitoisuuksia oli myös Helsingin Vanhankaupunginlah-

delta pyydetyissä hauissa. Siten kontaminoituneiden vesien petokalal ovat yksi ihmisen altistumislähteistä.

<b>Taulukko 6.4 PFAS-yhdisteiden käyttö Norjassa v. 2002 (Statens forurensningstilsyn, 2004)</b>	
<b>Käyttötarkoitus</b>	<b>Määrä v. 2002 (t)</b>
Palonsammutusaineet	15
Tekstiilien käsittely	7-10
Mattojen käsittely	0.4
Nahkatuotteiden käsittely	<0.1
Kyllästys- ja suojausaineet yksityiskäytössä	0.2
Lattiavahat	0.2
Rasvanpoisto- ja puhdistusaineet	<0.1
Maalit yms.	<0.1
Paperituotteiden käsittely	ei arviota
Elektroniikkateollisuus	<0.1
<b>Yhteensä</b>	<b>23.2-26.2</b>

PFAS-yhdisteitä käyttävästä teollisuudesta suurin osa (esim. suurin käyttäjä tekstiiliteollisuus) on pystynyt siirtymään korvaaviin kemikaaleihin, mutta esim. metalli- ja puolijohdeteollisuus ei ole toistaiseksi löytänyt sopivia korvaajia. Esim. metallien kromipäällistyksessä PFOS (perfluoro-oktaanisulfonaatti) on työntekijöiden kromialtistumisen estäjänä välttämätön. Aikaisempaan käyttöön verrattuna nämä käyttöalueet ovat kuitenkin määrällisesti melko pieniä.

### 6.8.3. Muut fluoria sisältävät hiilivedyt

Polytetrafluorietyleni eli Teflon<sup>®</sup> on tärkeä kulutustuotteissa (mm. astioiden päällysteenä) käytettävä fluoripitoinen polymeeri. Sen ongelmana on hajoaminen korkean lämpötilan (>400°C) vaikutuksesta esim. päällystettyjen astioiden palaessa, jolloin vapautuu toksisia ultrapieniä hiukkasia. Ne aiheuttavat akuuttia keuhkovauriota ilmeisesti niissä olevien aktiivisten radikaalien takia. Tästä syystä päällystettyjen kattiloiden ja paistinpannujen käytön ohjeistus vaarallisen ylikuumenemisen estämiseksi on välttämätöntä.

Jotkut suksivoiteet sisältävät polytetrafluorietyleniä sisältäviä hartseja, joista kuumennettaessa vapautuu toksisia organofluoriyhdisteitä. Suksivoiteissa käytettävät fluoripolymeerit ovat pienimolekyylisempiä kuin esim. keittiöastioiden Teflonissa, ja näitä yhdisteitä ja niiden hajoamistuotteita on todettu vapautuvan suksivoiteista jo suositelluissa levittämislämpötiloissa (Liesivuori ym. 1994). Näitä suksivoiteita levittävillä suksien voitelijoilla on todettu hengitystieoireita, kuten hengenahdistusta. Ku-

ten edellä todettiin, fluoria sisältävien orgaanisten yhdisteiden tiedetään aiheuttavan keuhkovaurioita lähinnä niissä olevien vapaiden radikaalien välityksellä. Tämä saattaa edelleen johtaa lipidien peroksidaatioon keuhkoissa. Lyhytaikainen altistuminen voi pahimmillaan aiheuttaa keuhkoödemaa, kun taas toistuva pitkäaikainen altistuminen voi johtaa keuhkofibroosiin. Fluoripitoisten suksivoiteiden levitys tulee siis ehdottomasti tehdä vain hyvin tuuletetussa tilassa kohdepoistoa käyttäen, tai vahan levittäjän on syytä käyttää yhdistelmäsuodattimella varustettua hengityssuojainta.

#### 6.8.4. Metanoli

Metanolin ja metanolia sisältävien kulutustuotteiden vähittäismyynti vapautettiin Suomen ETA-jäsenyyden myötä v. 1994, kun kemikaalilainsäädäntöömme kuuluvan ilmoitusvelvollisuuden katsottiin rajoittavan tavaroiden vapaata liikkuvuutta. STTV:n tuoterekisterin mukaan metanolia sisältävien tuotteiden lukumäärä ja tuotteissa olevan metanolin kokonaismäärä on lisääntynyt vielä viime vuosina. Metanolia käytetään lähinnä autojen tuulilasinpesunesteissä, ja sen etuja etanoli- ja isopropanolipohjaisiin tuulilasinpesunesteisiin verrattuna ovat parempi tehokkuus ja selvästi halvempi hinta.

Kuluttajan kannalta metanolin merkittävimmät terveysvaikutukset ovat akuutit myrkytykset ja pitkäaikaiseen altistumiseen liittyvät haitat. Metanoli höyrystyy helposti ja imeytyy hyvin sekä nesteinä ruoansulatuskanavasta että höyrynä keuhkoista. Sen pitoisuus on suuri silmän lasiaisessa ja näköhermossa. Metanoli metaboloituu ja eliminoiduu huomattavasti etanolia hitaammin, joten pienetkin toistuvat annokset johtavat helposti kertymiseen. Metanolin hapettumistuotteina muodostuu formaldehydiä ja muurahais-happoa. Formaldehydi estää monia solujen entsyymejä ja sokeuteen johtavan verkkokalvovaurion oletetaan olevan seurausta formaldehydin suorasta toksisesta vaikutuksesta. Muurahaishappo aiheuttaa metabolisen asidoosin, joka voi johtaa koomaan ja hengityshalvaukseen. Akuutit myrkytykset ovat pääosin seurausta metanolia sisältävien pesuaineiden väärinkäytöstä päihtymistarkoitukseen. Metanolimyrkytysepidemia alkoi v. 1995, kun metanolipohjaiset tuulilasinpesunesteet tulivat markkinoille. Metanolin aiheuttamat myrkytyskuolemat yleistyivät v. 2000 saakka, jolloin metanolia sisältävien tuotteiden pakkausmerkintöjä muutettiin niin, että metanolipitoisuudesta riippumatta alettiin käyttää erittäin myrkyllisen kemikaalin pääkallomerkintää. Käytettävissä olevien ennakotietojen perusteella myrkytyskuolemia on ollut 2000-luvulla vielä n. 20–40 tapausta vuodessa, joten kyse on edelleenkin merkittävästä ongelmasta. Metanolin tappava annos suun kautta on 80–150 ml 40 % metanolia, mutta jo 15 ml:n annoksen on todettu aiheuttavan kuoleman. Sokeus voi seurata jo 4 ml:n annoksesta. Akuutti hengitystiealtistuminen haitalliseksi tunnetun pitoisuuden (HTP-arvon) selvästi ylittävillä metanolipitoisuuksille voi aiheuttaa päänsärkyä, pahoinvointia, limakalvojen ärsytystä, huuma-

usta, keskushermosto-oireita ja ohimeneviä tai pysyviä näköhäiriöitä, kuten näkökentän supistumista, kahtena näkemistä ja sokeutta.

Metanolipohjaisten tuulilasipesunesteiden käyttö voi johtaa pitkäaikaiseen altistumiseen, jonka haitta-vaikutuksina saattaa ilmetä keskushermosto-oireita, päänsärkyä, näköhäiriöitä, lisääntynyttä väsymystä ja huomiokyvyn heikkenemistä. Nämä puolestaan ovat selvä liikenneturvallisuusriski. Työterveyslaitos on tutkinut autoilijoiden altistumista metanolille Liikkuvan Poliisin partioautoissa (Riala ym. 2001). Tutkimuksen mukaan metanolipitoista tuulilasipesunestettä käyttävä autoilija saattaa ajassaansa altistua työhygieniset raja-arvot ylittävälle metanolipitoisuuksille. Altistuminen riippuu olennaisesti automerkistä ja siitä miten raitisilman otto on autossa järjestetty. Enimmillään pitoisuudet ylittivät 8 tunnin HTP-arvot 1.4-kertaisesti. Vaikka metanolipitoisten tuulilasipesunesteiden käyttöön liittyvien riskien perusteellinen arviointi edellyttäisi lisätutkimuksia, on jo tämän tutkimuksen perusteella selvää, että metanoli voi olla merkittävä terveysriski auton matkustajille. Erityisesti raskaana olevien naisten ja pienten lasten altistumista tulisi rajoittaa. Huomattakoon, että Liikkuva Poliisi vaihtoi tutkimustulosten perusteella metanolipohjaisen tuulilasipesunesteen etanolipohjaiseen.

### **6.9. Muita kulutustuotteisiin liittyviä riskejä**

Monissa eri yhteyksissä on käynyt ilmi, että kuluttajat perehtyvät kulutustuotteiden käyttöohjeisiin ja varoituksiin keskimäärin melko välinpitämättömästi - jopa silloin, kun kyseessä on potentiaalisesti vaarallinen tuote. Tämä käy hyvin ilmi myös äskettäin Isossa Britanniassa tehdyssä pienten lasten vanhempien haastattelututkimuksessa, jossa selvitettiin torjunta-aineiden käyttötapoja kotitalouksissa (Grey ym., 2005). Kolmannes vanhemmista ilmoitti, etteivät he noudata tarkkaan käyttöohjeita ja varoituksia käyttäessään torjunta-ainetta ja 10% vanhemmista ei lukenut ohjeita lainkaan. Puolet haastatelluista oli sitä mieltä, että käyttöohjeet olivat sekä riittämättömiä että vaikeasti ymmärrettäviä. Vähemmän kuin puolet vanhemmista käytti suojakäsineitä torjunta-ainetta levittäessään. Vaikka vastaavaa tutkimusta ei ole tehty suomalaisten kuluttajien keskuudessa, on syytä olettaa, että myös meillä kuluttajan turvallisuuden kannalta keskeisen informaation välittymisessä on toivomisen varaa.

Monien eri harrastusten yhteydessä tavallinen kuluttaja voi altistua kemikaaleille tiedostamatta altistumista ja osaamatta suojautua asiaankuuluvilla suojaimeilla. Tyypillisesti harrastustilat ovat ahtaita ja huonosti tuulettuvia tiloja (esim. kellarit, autotallit, varastot), joita ei ole suunniteltu haihtuvien ja vaarallisten kemikaalien käsittelyyn. Ongelmallisia tilanteita ovat mm. lasikuituveneiden valmistus laminoimalla (altistuminen monomeereille [vinyylikloridi, styreeni], liuottimille [ksyleeni, aseton] ja hiontapölylle), autojen korjaus ja kunnostus (liuottimet, maalit, öljyt, pölyt), uistinten ja vaappujen

valmistus (lakat, liuottimet), posliinimaalaus ja öljymaalaukset (tärpätti, värit), metalligrafiikka (liuottimet, hiontatahnat, hartsit, lakat, hapot, painovärit), kankaanpainanta ja kankaiden värjäys (väriaineet, suolat, liuottimet, vahat), valokuvien valmistus, lasitöihin liittyvät lyijyjuotokset, keramiikan polttaminen sähköuuneissa, elektroniikkaharrastuksiin liittyvä piirikorttien valmistus ja polttomoottoreiden käyttö sisätiloissa.

Kulutustuotteisiin liittyvästä väärinkäytöstä on syytä mainita herkästi haihtuvien liuotinten haasteleminen päihtymistarkoituksessa eli imppaus. Imppausta harrastavat tyypillisesti 10 – 17-vuotiaat nuoret, jotka eivät onnistu saamaan alkoholia. Imppaukseen on käytetty lähes kaikkia kemikaaleja, jotka ovat haihtuvia ja aiheuttavat päihtymistä hengitettynä. Eniten käytettyjä ovat tolueeni, trikloorietyleeni, ksyleeni ja n-heksaani (liimoissa, maaleissa, tahrannoistoaikaineissa, liuotimissa), asetonit (esim. kynsilakan poistoaikaineissa), bensiini, bentseeni, butaani ja propaani (tupakansytyttimissä, retkeittimissä), ilmanraikasteet ja deodorantit. Nämä ovat tavallisia vähittäismyynnissä olevia ja kotikäyttöön tarkoitettuja aineita, joiden hankkiminen on helppoa. Imppauksen vaikutukset ovat verrattavissa alkoholihumalaan (päihtymys, pahoinvointi), mutta ne ovat nopeasta eliminaatiosta johtuen tyypillisesti lyhytkestoisempia. Annostus on hengitysteitse vaikeasti kontrolloitavissa, joten yliannostus on tavallista. Päihtymystilaan liittyy sekavuutta, heikentynyttä impulssikontrollia, muistikatkoja, aistiharhoja ja raivotiloja. Pysyviä vaurioita voi jäädä esim. keskus- ja ääreishermostoon, maksaan, munuaisiin ja sydämeen. Vieroitusoireina on alkoholikrapulaa muistuttava tila, johon liittyy pahoinvointia, päänsärkyä ja voimattomuutta, ja ne voivat kestää useita päiviä. Yliannostuksen seurauksena voi olla tajuttomuus ja kuolema.

Ilotulitteet ovat tarkkaan säännelty kulutustuoteryhmä, jonka suurimmat riskit ovat räjähdys- ja palovammat. Ilotulitteita käytetään usein suuria määriä kerrallaan, mutta sallittu käyttöaika on erittäin rajoitettu. Koska ilotulitteiden käyttö tapahtuu ulkoilmassa, kokonaisaltistuminen jää yleensä vähäiseksi, vaikka potentiaalisesti altistuva yleisömäärä on usein huomattava. Niistä vapautuu ulkoilmaan palokaasuja, pienhiukkasia ja ilmeisen suuri määrä erilaisia metalleja.

## **6.10. Yhteenveto kulutustuotteita koskevista suosituksista**

*Kulutustuotteiden ja lelujen turvallisuuden viranomaisvalvontaa tulisi tehostaa, jotta vaarallisten kulutustuotteiden markkinoille luovuttaminen ja myynti voitaisiin estää lainsäädännön edellyttämällä tavalla nykyistä tehokkaammin.*

*Metanolia sisältävien tuulilasinpesunesteiden terveysriskit tulisi selvittää ja niiden käyttöä tarvittaessa rajoittaa.*

*Tekstiiliväriaineiden syöpävaarallisuutta ja ihovaikutuksia tulisi selvittää nykyistä tarkemmin.*

*Suihkevalmisteiden tuoteturvallisuutta tulisi parantaa edellyttämällä elinkeinonharjoittajilta nykyistä tehokkaampaa kulutusvalistusta sekä selkeämpiä käyttöohjeita ja varoituksia.*

*Harrastusryhmien vetäjille tulisi suunnata valistusta työsuojelutoimenpiteiden toteuttamisesta harrastuksiin liittyvien kemiallisten riskien vähentämiseksi.*

*PFAS-yhdisteiden kieltämistä kulutustuotteissa tulisi kiirehtiä.*

#### Kirjallisuutta

744/1989	Kemikaalilaki
287/1997	Laki lelujen turvallisuudesta
374/2002	Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaaleja koskevien tietojen toimittamisesta
75/2004	Laki kulutustavaroiden ja kuluttajapalveluiden turvallisuudesta
92/59/ETY	Neuvoston direktiivi, annettu 29 päivänä kesäkuuta 1992, yleisestä tuoteturvallisuudesta
648/2004	Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY), annettu 31 päivänä maaliskuuta 2004, pesuaineista

Babich MA, Chen S-B, Greene MA, Kiss CT, Porter WK, Smith TP, Wind ML, Zambula WW. Risk assessment of oral exposure to diisononyl phthalate from children's products. *Regulat Pharmacol Toxicol* 2004; 40:151-167.

Brooke D, Footitt A, Nwaogu TA. Environmental risk evaluation report: Perfluorooctanesulphonate (PFOS). UK Environment Agency. 2004. [http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/105385/pfos\\_rer\\_sept04\\_864557.pdf](http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/105385/pfos_rer_sept04_864557.pdf) (26.11.2004)

Elmore AR. Final report on the safety assessment of aluminum silicate, calcium silicate, magnesium aluminum silicate, magnesium silicate, magnesium trisilicate, sodium magnesium silicate, zirconium silicate, attapulgate, bentonite, Fuller's earth, hectorite, kaolin, lithium magnesium silicate, lithium magnesium sodium silicate, montmorillonite, pyrophyllite, and zeolite. *Int J Toxicol* 2003; 22 Suppl 1:37-102.

Fach E, Waldman WJ, Williams M, Long J, Meister RK, Dutta PK. Analysis of the biological and chemical reactivity of zeolite-based aluminosilicate fibers and particulates. *Environ Health Perspect* 2002 Nov;110(11):1087-96.

Gloxxhuber C, Potokar M, Pittermann W, Wallat S, Bartnik F, Reuter H, Braig S. Zeolithe A--A phosphate substitute for detergents: toxicological investigation. *Food Chem. Toxicol.* 1983; 21:209-20.

Grey C.N.B., Nieuwenhuijsen M.J., Golding J. The use and disposal of household pesticides. *Environ. Res.* 2005; 97:109-115.

HERA. Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products. Zeolite A represented by CAS Number 1344-00-9 (sodium aluminium silicate) and by CAS Number 1318-02-1 (zeolites). 2004. 53 s. <http://www.heraproject.com/files/8-F-04-%20HERA%20Zeolite%20full%20V3%20web%20wd.pdf> (4.4.2005)

Hubbs AF, Castranova V, Ma JY, Frazer DG, Siegel PD, Ducatman BS, Grote A, Schwegler-Berry D, Robinson VA, Van Dyke C, Barger M, Xiang J, Parker J. Acute lung injury induced by a commercial leather conditioner. *Toxicol Appl Pharmacol* 1997;143(1):37-46.

IARC. Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans (Vol. 68), s. 307-333. Lyon: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1997.

Jäger I, Hafner C, Schneider K. Mutagenicity of different textile dye products in *Salmonella typhimurium* and mouse lymphoma cells. *Mutat Res* 2004;561:35-44.

Kallenborn R, Berger U, Järnberg U. Perfluorinated alkylated substances (PFAS) in the Nordic environment. The Nordic Council of Ministers. 2004. 107 s. [http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pfas\\_nmr2004.pdf](http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pfas_nmr2004.pdf) (26.11.2004)

Korpi A. Puolihihtuvat orgaaniset yhdisteet sisäilmassa. *Ympäristö ja Terveys*. 2004; 35(7-8):60-63.

Kwon E, Zhang H, Wang Z, Jhangri GS, Lu X, Fok N, Gabos S, Li XF, Le XC. Arsenic on the hands of children after playing in playgrounds. *Environ Health Perspect.* 2004; 112(14):1375-80.

Larsen HF, Helweg C, Pedersen AR, Boyd HB, Søren E, Lauresen SE, Hansen J. Kemikalier i tekstiler. 2000; Miljøprojekt Nr. 534, Miljøstyrelsen (Danmark), 228 s. <http://www.mst.dk/homepage/> (20.1.2005).



Lazor-Blanchet C, Rusca S, Vernez D, Berry R, Albrecht E, Droz PO, Boillat MA. Acute pulmonary toxicity following occupational exposure to a floor stain protector in the building industry in Switzerland. *Int Arch Occup Environ Health*. 2004;77(4):244-48.

Liesivuori J, Kiviranta H, Laitinen J, Hesso A, Hämeilä M, Tornaeus J, Pfäffli P, Savolainen H. Airborne aerosols in application of polyfluoro polymer-based ski waxes. *Am Occup Hyg* 1994; 38(6):931-937.

Myrkytystietokeskus. Vuosiraportti 2000-2001. HUS.

(<http://www.hus.fi/default.asp?path=1,28,824,2049,2265,2260,2589> (23.12.2004))

Pensola T, Ahonen H, Notkola V. Ammatit ja kuolleisuus. Työllisten ja työttömien ammattiryhmittäinen kuolleisuus 1996-2000. Tilastokeskus. 2004. 101 s.

Pukkala E, Sankila R, Rautalahti M. Syöpä Suomessa. Suomen Syöpärekisteri. 2003. 72 s.

Reisbacka A, Sainio E-L., Myllyntaus T. Tekstiilipesuaineiden pesukyky ja hiukkaskäymät. Kuluttajaviraston julkaisusarja 2001;1/2001. 18 s.

Riala R, Riihimäki V, Bäck B, Reijula K. Onko metanolipohjaisista lasinpesunesteistä haittaa käyttäjälle? Työterveyslaitos 2001. 4 s. (<http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres-/95DF581C-34AD-452A-890E-16C0407E5DDC/0/riala.pdf> (24.2.2005))

Statens forurensningstilsyn (SFT). Bruken av PerFluorAlkylStoffer (PFAS) i produkter i Norge. Materialstrømsanalyse. 2004. 36 s. (<http://www.sft.no/publikasjoner/kjemikalier/2031/ta2031.pdf> (20.1.2005))

Vanhanen M. Teollisuusentsyymit ja allergia. *Työterveiset* 1996; 3/1996, s. 11-12.

Vernez DS, Droz PO, Lazor-Blanchet C, Jaques S. Characterizing emission and breathing-zone concentrations following exposure cases to fluororesin-based water-proofing spray mists. *J Occup Environ Hyg* 2004;1(9):582-92.

Vuori E, Ojanperä I, Nokua J, Ojansivu R-L. Oikeuskemiallisesti todetut myrkytyskuolemat vuosina 2000 ja 2001. *Suomen Lääkärilehti* 2003;58(35):3403-3407.

## 7 JÄTTEET JA JÄTEVEDET

Hannu Komulainen

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

### 7.1. Johdanto

Jätelainsäädäntö määrittelee jätteeksi "aineen tai esineen, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä". Ongelmajäte on "jätettä, joka kemiallisen tai muun ominaisuutensa takia voi aiheuttaa erityistä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle" (Jätelaki 1072/1993).

Suomessa muodostuu jätteitä vuosittain noin 70 miljoonaa tonnia. Näistä suurin osa, noin 95 %, muodostuu tuotannossa (pääosin teollisessa toiminnassa ja maataloudessa), loput 5 % on yhdyskuntajätettä. Teollisuuden suurimmat jätekertymät ovat puu- ja kuorijäte, metallurgiset kuonat, mineraalijätteet, kipsi ja kemikaalijätteet, päätuottajina massa-, paperi- ja mekaaninen metsäteollisuus, metalliteollisuus sekä kemianteollisuus. Energiantuotannossa jäte on pääasiassa tuhkaa, kuonaa ja pölyä, maataloudessa lantaa ja virtsaa. Vuonna 2000 ongelmajätettä kertyi Suomessa 1.2 miljoonaa tonnia ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)). Äskettäin pääkaupunkiseudulla tehdyn tutkimuksen mukaan kotitaloudet tuottivat 170 kg sekajätettä asukasta kohden vuodessa (YTV 2004).

Teollisen toiminnan jätteille ja niissä oleville kemiallisille aineille altistumisriski on suurin työpaikalla tai työperäisesti jätteitä käsiteltäessä. Sitä ei käsitellä tässä selvityksessä. Jätteiden säilytys, käsittely ja loppusijoitus muodostavat luontoon kohdistuvia ekotoksikologisia riskejä, jotka ovat useimmiten todennäköisempiä kuin suorat ihmisen terveyteen kohdistuvat kemialliset riskit. Tämä koskee myös kemikaalipäästöjä jätevesissä. Ekotoksikologisia riskejä ei arvioida tässä selvityksessä. Sen sijaan, teolliseen toimintaan liittyvä jätteiden säilytys-, varastointi ja kuljetus voi periaatteessa aiheuttaa myös epäsuoraa ympäristöperäistä altistumista ihmisille ja se on tässä huomioitu. Jätteisiin ja niiden käsittelyyn erityisesti jätteenkäsittelylaitoksilla liittyy **merkittävä mikrobiologinen riski (bioaerosolit)**. Olosuhteista riippuen se saattaa työperäisenä altisteena olla haitallisempi kuin kemialliset riskit.

Tavallisen kansalaisen suurin riski altistua akuutisti terveyden kannalta merkittävästi jätteeksi luokiteltaviin kemiallisiin aineisiin liittyy kotona oleviin ongelmajätteisiin. Aineiden huolimatonta varastointi, käsittely hävitysvaiheessa ja väärä hävitystapa saattavat aiheuttaa kuluttajille altistumista ja onnettomuustilanteita. Jätteiden pitkäaikai-

nen epäasiallinen varastointi saattaa saastuttaa maata ja pohjavettä (kappale Pilaantuneet maat, luku 8.3.1) ja jätteiden poltto väärissä olosuhteissa tuottaa ilmansaasteita.

Jätteiden käsittelylaitosten ympäristössä saattaa esiintyä myös hajuhaittoja ja bio-aerosoleihin liittyviä terveysriskejä (luku 7.6).

## **7.2. Jätteisiin liittyvän lainsäädännön tila ja sen mukaiset menettelyt**

Jätteiden keräys, käsittely, hyödyntäminen ja hävittäminen on ohjeistettu Suomessa lainsäädännöllä hyvin kattavasti (Jätelaki 1072/1993, Jäteasetus 1390/1993 ja niihin liittyvät muut asetukset ja määräykset; [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)). Myös EU:n tasolla syntyvän jätteen määrää pyritään vähentämään ja tehostamaan sen hyötykäyttöä. Periaatteina on jätteiden käsittelyssä läheisyys, omavaraisuus ja tuottajan vastuu. Korostetaan elinkaariajattelua eli myös jäteasiaa olisi syytä harkita jo tuotteen hankintavaiheessa. Peruslainsäädännön (direktiivi jätteistä 75/442/ETY, muutettu 91/156/ETY; direktiivi vaarallisista jätteistä 91/689/ETY) lisäksi EU:ssa on laaja jätteisiin liittyvä erityislainsäädäntö. Samat asiat on huomioitu kansallisessa lainsäädännössä Suomessa.

Normaalitoiminnassa jätteen määrä, laatu ja sijaintipaikka on tiedossa erilaisten ilmoitus-, jätetiedosto- ja lupamenettelyjen turvin. Alueellisilla jätesuunnitelmilla ohjataan toimintaa ja niiden toteutumista seurataan. Jätehuollossa on pyritty suurempiin jätteenkeräys- ja käsittely-yksiköihin tavoitteena helpompi ja tehokkaampi määräysten mukainen toiminta. Pieniä kuntakohtaisia kaatopaikkoja on suljettu. Tällä on etunsa ja haittansa. Jätteiden asiallinen käsittely varmistuu, mutta kuljetusmatkat pitenevät.

Jätteestä yhä suurempi osa pyritään ottamaan talteen ja hyödyntämään aineena, vasta toissijaisesti energiana. Tätä on pyritty tehostamaan laajentamalla jätteen tuottajavastuuta (mm. velvollisuutta järjestää ja kustantaa tuotteen keruu jätteenä) uusiin tuoteryhmiin (romuautot, sähkö- ja elektroniikkalaitteet, Laki jätelain muuttamisesta 452/2004). Vuoden 2005 jälkeen kaatopaikoille saa sijoittaa vain esikäsiteltyä jätettä. Paikallisia ongelmia saattaa syntyä laittomista kaatopaikoista, joita ajoittain paljastuu. Niistä saattaa löytyä ongelmajätteiksi luokiteltavia aineita, isojakin määriä. Paikat ovat yleensä syrjäisiä. Maan ja pohjaveden saastuminen ovat niihin liittyvät suurimmat riskit.

Jätelainsäädännössä todetaan useassa yhteydessä tavoitteeksi, että jätteistä ei saa aiheutua vaaraa ympäristölle ja terveydelle. Alueellisten jätesuunnitelmien seurantaraporteissa ei näytä kuitenkaan olevan osioita, joissa niiden toteutuvuutta olisi tällä perusteella arvioitu. Perusoletuksena on, että jätteen määrän vähentäminen ja oikea käsittely vähentävät automaattisesti riskejä. Muutoksia on korkeintaan arvioitu aistinvaraisesti, haju- ja meluhaittoina.

Koko jätehuoltojärjestelmän toteutuvuudessa yksilöiden vastuu on ratkaisevaa. Jätteen toimittaminen ja lajittelu oikein, ongelmajätteiden kerääminen erilleen ja hävittäminen asianmukaisesti ovat ratkaisevia. Laiminlyönnit tässä romuttavat koko järjestelmää. Pääkaupunkiseudulla tehdyssä tutkimuksessa kotitalouksien sekajätteestä todettiin keskimäärin 0.2 % (0.4 kg/asukas/vuosi) olevan vielä ongelmajätettä (YTV, 2004), pääasiassa vajaita maalipurkkeja, paristoja ja lääkkeitä. Kaatopaikoille tulevas- ta kiinteästä jätteestä laiminlyönnit on helpommin havaittavissa, mutta nestemäisten jätteen hävittäminen esimerkiksi jätevesien mukana paljastuu vain analysoimalla. Oikeaa jätteen alkuvaiheen käsittelyä voidaan parantaa joustavilla paikallisilla käytännöillä (esim. jätteen toimittamisen helppous hävitettäväksi) ja valistuksella. Säännölliset paikalliset valistus- ja jätteenkeräyskampanjat ovat tärkeitä ja hyödyllisiä. Niitä olisi syytä suosia myös jatkossa.

Tavallinen yhdyskuntajäte ei aiheuta kuluttajille kemikaaliriskejä, jos lajittelu toimii. Yhdyskuntajätteestä tyypillisesti noin kolmasosa on biojätettä, toinen kolmannes pahvia ja paperia ja loput muovia, tekstiiliä, puuta ja muita materiaaleja. Yhdyskuntajätteen voi liittyä keräysvaiheessa mikrobiologisia terveysriskejä ja hajuhaittoja, jos jätteet jäävät seisomaan, mutta ei varsinaisia kemiallisia terveysriskejä.

### **7.3. Ongelmajätteet**

Jätteitä koskeva säädöstö luokittelee ongelmajätteen sen ominaisuuden (räjähtävä, syttyvä, hapettava) tai ainesosien muun vaarallisuuden perusteella (syöpää aiheuttava, syövyttävä, lisääntymiselle vaarallinen jne.). Useimmille aineille ja tuotteille, jotka jätteenä ovat ongelmajätettä, altistutaan kuitenkin pääasiassa sen varsinaisen käytön aikana. Osa aineista muuttuu riskiksi vasta jätteenä. Käytön aikana sille ei altistuta (suljetut systeemit) tai tuote oikein käytettynä on vaaraton.

Taulukkoon 7.1 on koottu tavanomaisimpia kodeissa kuluttajilla esiintyviä ongelmajätteitä. Siinä on pyritty myös arvioimaan elinkaaren vaihetta (käytön aikana vai jätteenä), jossa ne muodostavat suuremman altistumisriskin. Mahdollista terveysriskiä arvioidaan tekstissä lyhyesti erikseen.

**Taulukko 7.1. Tavanomaisia koteihin kertyviä ongelmajätteitä sekä elinkaaren vaihe (käyttö, jätteenä), jossa niille altistutaan todennäköisemmin tai ne muodostavat isomman (ympäristö)terveysongelman.** Symbolin koko (X, x) kuvastaa ongelman suuruutta.

Tuote	Käyttö	Jäte
Puunsuojakemikaalit	X	x
Puu, joka sisältää vaarallisia aineita (kyllästetty puu)		X
Liuottimia sisältävät maalit, lakat	X	
Liuottimet	X	
Liimat, hartsit	X	
Hapot	X	
Emäkset	X	
Raskasmetalleja sisältävät paristot (kadmium, elohopea)		X
Lyijyakut, lyijykadmiumakut		X
Elohopeaa sisältävät tuotteet (kuumemittarit)	X	x
Loisteputket (elohopea)		X
Torjunta-aineet	X	x
Lääkkeet		X
Moottori- ja voiteluöljyt		X
Jarrunesteet		X
Sähkö- ja elektroniikkalaitteet, jotka sisältävät vaarallisia osia		X
Rakennusten purkujätteet (asbesti)	X	x

Tässä kappaleessa arvioidaan yksityiskohtaisemmin aineita ja tuotteita, jotka ovat vasta jätteenä todennäköisempi ympäristöterveysongelma. Aineita, joille altistutaan todennäköisemmin käytön aikana, on arvioitu yksityiskohtaisemmin kappaleessa Kulutustuotteet (luku 6.3 Altistuminen kemikaaleille kulutustuotteiden elinkaaren eri vaiheissa).

Useimmille ongelmajätteille aineiden varsinaisen käytön yhteydessä altistuminen on todennäköisempää. Jäljelle jäävä osa säilytetään jätteenä usein pitkiä aikoja odotta-  
massa hävitystä, pääasiassa kuitenkin suljetuissa alkuperäispakkauksissa. Jos pakka-  
ukset pysyvät ehjinä ja niitä säilytetään asianmukaisissa olosuhteissa (pakkaukset  
eivät vuoda), aineisiin ei liity terveysriskejä. Pakkaukset myös säilyvät tunnistettavi-  
na. Ongelmia pelkästään hävityksen kannalta muodostavat aineet ja tuotteet, joiden  
tunnistettavuus häviää. Syötävissä olevien ongelmajätteiden (lääkkeet, torjunta-aineet,

neesteet) säilytys paikassa, jossa pienet lapset pääsevät niihin käsiksi, aiheuttaa akuutin myrkytyksen riskin. Lääkkeet ja teknokemian tuotteet aiheuttavat eniten myrkytykseen liittyviä kyselyjä Myrkytystietokeskukseen alle 6-vuotiaiden lasten ikäryhmässä (www.hus.fi, Kulutustuotteet, luku 6.1). Mikä osa niistä liittyy suoraan jätteisiin, ei ole tiedossa. Vakavat myrkytykset ovat kuitenkin harvinaisia ja liittyvät todennäköisimmin lääkkeisiin. Paras tapa vähentää **kotitalouksien ongelmajätteisiin liittyvää terveysriskiä** on toimittaa jäte viivytyksettä ongelmajätteiden keräykseen. Pakkaukset, jotka eivät vielä vuoda, eivät jää asiattomien saataville ja ovat tunnistettavia, ovat tärkeitä myös ongelmajätteen oikean lajittelun ja hävittämisen kannalta. Ongelmajätteisiin liittyvää terveysriskiä voidaan myös pienentää ja ehkäistä ennalta yleisellä valistuksella ja julkisilla säännöllisillä ongelmajätteiden keräyskampanjoilla. Näin menetellään jo useilla paikkakunnilla.

Ongelmajätteiden toimittamiseen keräys- tai -hävityspaikalle kuten myös ongelmajätteiden ammattimaiseen kuljetukseen hävityspaikalle liittyy satunnainen onnettomuuden riski. Tällaiset onnettomuudet kuuluvat palo- ja pelastustoimen toiminnan piiriin. Varsinainen ongelmajätteiden hävittäminen on teollista toimintaa ja siitä syntyvät päästöt ympäristöön ovat lainsäädännöllisesti valvonnan piirissä. Todennäköisesti jossain määrin etenkin maaseudulla hävitetään ongelmajätteitä (autonrenkaita, muovia) edelleen polttamalla avotulella, koska se on helpoin tapa, mutta määrät ovat pieniä ja tapaukset yksittäisiä. Valistus oikeasta hävitystavasta on vähentänyt tätäkin toimintaa ja jätteet kerätään pääasiassa asianmukaisesti hävitettäväksi.

#### **7.4. Altistuminen kemikaaleille jätteistä**

Yksittäisen ihmisen todellista suoraa altistumista kemikaaleille jätteistä on käytännössä hankala arvioida. Altistuminen on aina tilanne- ja olosuhdekohtainen, kerrasta toiseen vaihteleva (aineen luonne, määrä, ympäristöolosuhteet jne.). Altistumisen luotettava arviointi edellyttäisi pitoisuusmittaustietoja ja sellaista tietoa ei ole. Vaikka tietoa olisikin, sen yleistäminen olisi vaikeaa. Jätteissä ei ole kovin toksisia kemikaaleja tai niiden toksisuus tunnetaan (torjunta-aineet, puunsuoja-aineet), altistuminen on useimmiten lyhytaikaista ja jää, onnettomuustilanteita lukuun ottamatta, vähäiseksi.

Kaatopaikalta (luvallinen tai luvaton) pohjaveteen pääsevät kemikaalit saattavat saastuttaa juomavettä (kappale Pilaantuneet maat, luku 8.4.2), pilaantuneet maat aiheuttavat ongelmia erityistilanteissa (kappale Pilaantuneet maat, luku 8.4) ja jätevesien kautta ravintoketjuun pääsevät kemikaalit altistumista ravinnossa (luku 7.7). Antibioottijäämät aiheuttavat mikrobiresistenssiä myös luonnossa ja tällä saattaa aikaa myöten olla seurannaisvaikutuksia ihmisille.

## 7.5. Jätelajikohtaista tarkastelua

### 7.5.1. Raskasmetalleja sisältävät akut, paristot, loisteputket

Lähes jokaisessa taloudessa on muutama lyijyakku (autot, veneet, muu käyttö), mutta se ei oikein kierrätettynä ole kuluttajille terveysongelma; kiinteälle lyijylle ei altistuta. Sen sijaan lyijyakkujen teolliseen käsittelyyn (murskaus, korjaamot) liittyy paikallinen maan saastuminen lyijyllä (leviävä lyijypöly). Myös pienemmät raskasmetalleja sisältävät akut ja paristot (matkapuhelimet, kellot, muu elektroniikka; kadmium, nikkeli, epäorgaaninen elohopea) eivät aiheuta suoraa terveysriskiä varsinaisessa käytössä, mutta joutuessaan kaatopaikalle niistä aikaa myöten liukenee raskasmetalleja maaperään. Paristoihin ja pieniin akkuihin liittyvä haitta on kuluttajien keskuudessa varsin hyvin tunnettu ja niiden keräily ohjeistettu jätehuolto-ohjeissa. Suurin osa päättyy kierrätykseen, mutta todennäköisesti kodeissa on vanhoiksi jääneiden matkapuhelinten osana vielä paljon Ni-Cd-akkuja, jotka puhtaasta tietämättömyydestä ovat vaarassa päätyä talousjätteisiin. Kyseessä on kuitenkin pienenevä ongelma, koska puhelimen akuissa on jo pääosin siirrytty muihin materiaaleihin. Suomessa paristot ja akut eivät saa enää sisältää elohopeaa (pitoisuuden oltava alle 0.0005 %, nappikenoissa enintään 2 %, VN päätös 17/1999). Kysymyksessä on kokonaisuudessaan pienenevä raskasmetalliongelma.

Loisteputket sisältävät metallista **elohopeaa** (vanhat n. 10 mg, uudet 2 – 3 mg) ja ovat siksi ongelmajätettä. Niistä suurin osa käytetään julkisissa tiloissa, joita huolletaan alan ammattilaisten toimesta. Myös energiansäästölamppujen käyttö on lisääntynyt kotitalouksissa korvaamaan hehkulamppuja, koska ne ovat pitempi-ikäisiä ja kuluttavat vähemmän energiaa. Myös ne sisältävät metallista elohopeaa ja ovat siten ongelmajätettä. Jos lamppu menee rikki tai rikotaan, metallinen elohopea haihtuu ilmaan jo huoneenlämmössä. Yksittäisen lampun rikkoutuminen ei aiheuta myrkytystä, kun tila tuuletetaan puhtaaksi ja vältetään siinä oleskelua tuuletuksen aikana. Kaatopaikalla metallinen elohopea haihtuu ulkoilmaan. On todennäköistä, että harva kuluttaja tietää myös energiansäästölamppujen sisältävän elohopeaa, samaa haihtuvaa kuin kuumeittareissa. Näitä lamppuja joutuu todennäköisesti pienikokoisina helposti myös tavallisiin jätteisiin. Tämä on kasvava ongelma ja näiden lamppujen oikeasta hävittämisestä tulisi paremmin tiedottaa mm. jätteiden käsittelyohjeissa. Energiansäästölamppuja ei välttämättä mielletä samalla tavalla haitallisiksi kuin perinteiset loisteputket.

Akkuihin, paristoihin ja lamppuihin liittyvien raskasmetallien terveyshaittaa on mahdollista eritellä, mutta yleisellä tasolla se ei ole merkittävä. Ne lisäävät epäsuorasti raskasmetallien kokonaisuormaa poikkeustapauksissa yksittäisille ihmisille saastuneen

maaperän tai pohjaveden välityksellä. **Kadmium** kertyy pysyvästi munuaisiin ja on munuaistoksista. Pitkäaikainen altistus jo alhaisemmillekin pitoisuuksille saattaa johtaa muutoksiin munuaisten eritystoiminnassa. **Epäorgaaninen elohopea** on samoin munuaistoksista, mutta ei kerry pitkäikäisesti munuaisiin kuten kadmium. **Lyijyn** pahin haitta kohdistuu lapsiin ja kehittyvään keskushermostoon. Kun lyijyn käyttö bensiinin lisäaineena lopetettiin, ihmisten veren (myös lasten) keskimääräinen lyijypitoisuus on kuitenkin selvästi alentunut. Hälyttävän korkealla se ei ole ollut Suomessa missään vaiheessa verrattuna mm. maihin, joissa lyijypitoisia maaleja on käytetty sisämaaleissa.

#### 7.5.2. Torjunta-aineet

Torjunta-aineita käytetään eniten maataloudessa ja siten maataloilla on säilytyksessä volyymiltään suurimmat määrät aineita. Myös tavalliset kuluttajat käyttävät torjunta-aineita mm. puutarhanhoitoon. Tarvittavat määrät ovat useimmiten pieniä ja aineita jää helposti varastoon, jätteeksi ja pois hävitettäväksi. Koska säilyvyysajat ovat pitkiä, aineita ei helposti hävitetä. Harvoin säilytyspaikka on lukittu ja myrkkyaapiksi tarkoitettu. Torjunta-aineet tiedostetaan kuitenkin vaarallisiksi aineiksi ja ylimäärä puhdasaineita hävitettäneen ongelmajätteenä. Suurin riski on aineiden joutuminen väärin käsiin (lapset) ja nauttiminen epähuomiossa, mutta tämä on harvinaista. Riski altistua torjunta-aineille on suurempi niiden levityksen yhteydessä kuin jätteenä.

#### 7.5.3. Lääkkeet

Vanhentuneiden ja tarpeettomaksi käyneiden lääkkeiden hävityskäytäntö lienee niin tunnettu kuluttajille, että suurin osa niistä hävitetään asiallisesti; palautetaan apteekkiin tai ongelmajätteenä. Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteistä löytyi kuitenkin jonkin verran vanhoja lääkkeitä (YTV, 2004). Ongelmallisimpia lääkeaineita, kuten sytostaatteja, käsitellään pelkästään sairaalaympäristössä, ammattikäytössä ja jätteiden käsittely on hallittua. Lääkkeet sellaisenaan eivät ole jäteongelma, johon olisi tarvetta enää puuttua. Lääkeainejäämiä ravinnossa (kappale Ravinto, luku 4.2.5) ja jätevesissä (luku 7.7) on arvioitu erikseen.

#### 7.5.4. Jäteöljy ja polttoaineet

Jäteöljy ja öljyiset jätteet on määrältään suurin ja yleinen kuluttajien ongelmajäte. Myös puhdas, käyttämätön öljy on ongelmajätettä. Vaikka nykyään autojen moottoriöljy vaihdetaan useimmiten huolto- yms. asemilla, joissa se samalla kerätään talteen, öljynvaihto esimerkiksi maataloilla on suhteellisen yleistä (traktorit, ruohonleikkurit,



muut työkoneet). Jäteöljyä kertyy useisiin paikkoihin ja huomattaviakin määriä. Jäteöljy toisaalta tiedostetaan ongelmajätteeksi ja pyritään sellaisena hävittämään. Koska öljy ei haihdu, käsittelyyn ja säilyttämiseen ei liity merkittävää altistumista. Suurin ongelma on säilytysastioiden vuotoriski ja ympäröivän maan paikallinen saastuminen, myös öljyn käsittely-ympäristössä. Mineraaliöljy luokitellaan karsinogeeniseksi aineeksi. Sen tahraavuus ja haju ovat havaittavia käytännön haittoja.

Jos kotona säilytetään merkittävämpiä määriä polttoaineita (bensini, dieselöljy, lämmitysöljy), säilytysastiat ovat yleensä asianmukaisia (jopa metallisia tankkeja). Esimerkiksi bensiniä saa säilyttää varastotiloissa kuitenkin ainoastaan pieniä määriä. Polttoaine haistetaan ja maistetaan herkästi, joten vuodot havaitaan ja altistuminen estyy. Polttoaineiden räjähdys- ja palovaara ovat suurempia riskejä kuin muut riskit.

#### 7.5.5. Kyllästetty puu

Kyllästettyä puuta ei saa hävittää kotioiloissa polttamalla vaan se on toimitettava jätteenkeräykseen. Arseenia, kromia tai kreosoottiöljyä sisältävä puu on toimitettava jätteenkeräyspisteeseen ongelmajätteenä. Myös suoja-aineita sisältävät lastut ovat ongelmajätettä. Sekä suolakyllästeitten (**kromin, arseenin, kuparin**) että **kreosoottiöljyn** nykykäyttö kulutustuotteissa ja julkisissa rakenteissa on voimakkaasti rajattua mutta ammattikäyttö joissakin rakenteissa sallittu. Siten puurakennelmien purkuvaiheessa ja jätteissä saattaa esiintyä edelleen myös aineita, jotka eivät ole vapaassa kulutuskäytössä.

Käsiteltäessä kyllästettyä puutavaraa jätteenä, ihoaltistus paljaisiin käsiin on todennäköisin altistumismuoto. Siksi puun käsittely suositellaan tehtäväksi aina käsineet kädessä. Arseeni ei ilmeisesti imeydy merkittävästi suoraan ihon lävitse suolaseoksella käsitellystä puusta (Wester et al., 2004), mutta saattaa joutua käsistä suuhun, ellei käsiä pestä.

Kreosoottiöljyä irtoaa puusta koko ajan haihtumalla ja liukenemalla maaperään. Tästä seuraa voimakas tunnusomainen haju, kunnes päästöt vähenevät. Kreosoottiöljyllä käsiteltyä puuta ei myöskään saa polttaa pienmittakaavassa.

Satunnainen kyllästetyn puun hävittäminen jätteenä asianmukaisesti ei aiheuta terveyden kannalta merkittävää altistumista puunsuoja-aineille.

#### 7.5.6. Sähkö- ja elektroniikkalaitteet

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrä on lisääntynyt koko ajan. Jätelainsäädäntö velvoittaa nykyään keräämään ja hävittämään sen ongelmajätteenä jätteenkeräys- ja käsittelyjärjestelmän kautta. Romu on hyvin näkyvää ja hankalasti muuten hävitettävää, joten suurin osa siitä myös kertynee varsinaisille jätteenkeräyspaikoille. Sähkö- ja elektroniikkaromun hävittämistä helpottaa, että tuotteita myyvien liikkeiden tulee ottaa jatkossa hävittääkseen entisiä tuotteita uuden tuotteen ostamisen yhteydessä (Laki jätelain muuttamisesta, 452/2004).

Sähkö- ja elektroniikkalaitteissa on haitalliseksi tiedettyjä aineita, jotka vuosien myötä vapautuvat ja liukenevat kaatopaikalla, ellei komponentteja ole poistettu. Lähes jokainen nykyinen tietokoneen piirilevy sisältää **lyijyä** juotosaineena. Laitteiden muoviosat sisältävät mm. palontorjunta-aineina bromattuja yhdisteitä (esimerkiksi **polybromattuja difenyyliettereitä**). Vanhat jääkaapit ja pakastimet sisältävät vielä kloorifluorihilivetyjä (**CFC-yhdisteitä**) lämmönsiirtoaineina. Ne on kerättävä hävitysvaiheessa talteen otsonikerrosta heikentävinä aineina. CFC-aineiden käyttö tuotteiden ja laitteiden valmistuksessa on ollut kiellettyä jo vuodesta 1998 (VN päätös 262/1998). Uudemmissa laitteissa lämpöä siirtävänä aineena käytetään butaanikaasua ja eristeenä käytetään pentaania. Kompressoreissa oleva öljy tekee niistä edelleen ongelmajätettä. Sähkö- ja elektroniikkaromua on kaupunkioiloissa kotitalouksien sekajätteessä jo nyt vähän. Pääkaupunkiseudulla tehdyssä kattavassa tutkimuksessa sitä oli 0.7 % koko jätteen määrästä (1.2 kg/asukas, YTV 2004), seassa ainoastaan yksi CFC-yhdistettä sisältänyt jääkaappi.

#### 7.6. Jätteiden kompostointiin liittyvät haitat ja riskit

Jätteiden laajamittaiseen kompostointiin (erityisesti teollisuusmittakaavassa) liittyy potentiaalisesti myös ympäristöterveysongelmia, jotka haittaavat erityisesti laitoksen välittömässä ympäristössä, mutta vaikutus saattaa ulottua tuulien mukana edemmäksikin. Teollismaista kompostointia on tutkittu Suomessa työterveysnäkökulmasta (työntekijöiden altistuminen), mutta ei perusteellisemmin ympäristöterveyskysymyksenä. Altisteista, altistumisesta ja niiden terveysvaikutuksista on kaikkiaan maailmanlaajuisestikin vasta alustavaa tietoa. Se kuitenkin osoittaa, että kompostointialueelta leviää altisteita lähiympäristöön ja asiaa on syytä tarkemmin tutkia.

Erityisesti biojätteitä (elintarvikejäte, kasvit, puun lehdet jne.) sisältävästä kompostista emittoituu kymmeniä eri aineita, osaksi mikrobitoiminnan tuotoksena. Syntyvien aineiden kirjo ja pitoisuudet muuttuvat kompostoinnin edetessä ja riippuvat lähtömaterialin koostumuksesta sekä kompostin olosuhteista. Kompostoinnissa syntyy **haju-yhdisteitä** erityisesti, jos komposti muuttuu anaerobiseksi (mätäneä) ja sen pH on

alhainen (Arnold 2004). Niitä vapautuu erityisesti kompostia käännettäessä. Hajuhaittoja voi syntyä myös varsinaisen kompostoinnin jälkeisessä jälkikompostoinnissa. Hajuhaittaa tuottavia aineita ovat mm. **karboksyylihapot** (erityisesti **voihappo** ja sen johdokset), **pelkistyneet rikkiyhdisteet** (mm. dimetyylisulfidi, dimetyylidisulfidi, metyylimerkaptani), **terpeenit** ja asetoiini. Usean rikkiyhdisteen hajukynnys on hyvin matala (alle 0.002 mg/m<sup>3</sup>, Arnold 2004) ja se ylittyy helposti.

Kompostista emittoituvien aineiden pitoisuuksia ympäröivässä ilmassa on tutkittu mm. Saksassa (Müller ym. 2004a, 2004b). Ne vaihtelevat paljon ja ovat aine- ja paikkakoh- taisia, mutta pitoisuustasot 103-105 ng/m<sup>3</sup> laitoksen välittömässä ympäristössä olivat tavallisia. Terpeenejä oli havaittavissa vielä 800 m etäisyydellä kompostista. Hajuainei- den pitoisuuksista suomalaisissa komposteissa on valmistumassa uusia tutkimuksia. Tulokset Suomesta ovat tärkeitä asian arvioimiseksi, koska sääolosuhteet (ilman lämpö- tila, kosteus jne.) vaikuttavat kompostien päästöihin ja kompostoitava materiaali on koostumukseltaan erilaista (biojätteessä paljon ruoantähteitä). Tulokset hyvin erilaisista olosuhteista muualta eivät välttämättä ole sellaisenaan yleistettävissä Suomeen.

**Hajuhaitta** saattaa olla hyvin vaihteleva kestoaltaan ja voimakkuudeltaan. Hajuaineilla on todennäköisesti vain ääriolosuhteissa suoria toksisia vaikutuksia ympäristön väes- tölle, koska pitoisuudet ovat useimmiten alhaiset. Ensimmäinen todennäköinen haitta on ärsytysvaikutus, erityisesti hengitysteissä, herkimmillä yksilöillä. Hajuongelmaa on pääasiassa arvioitu häiritsevänä viihtyvyshaittana mutta voimakkaana ja toistuva- na sillä saattaa olla muita epäsuoria terveysvaikutuksia (esimerkiksi päänsärkyä, nu- kahtamisvaikeuksia jne.).

Teollisuusmaiseen kompostointiin liittyvä toinen terveysriski on bakteereita ja homei- ta sisältävät **bioaerosolit**. Myös näille altistutaan eniten kompostointipaikalla työpe- räisesti, mutta bioaerosolit ilmeisesti leviävät tuulen mukana myös välittömään lä- hiympäristöön. Saksassa tehdyissä tutkimuksissa (Herr ym. 2003, Herr ym. 2004) kompostialueen ulkopuolelta on todettu 200 m päästä tuulen alapuolelta ilmasta ter- mofiilisiä aktinomykettejä, homeita ja bakteereita yhteensä yli 10<sup>5</sup> CFU (colony forming units, pesäkkeen muodostava yksikkö pmy), 100 – 1000- kertainen pitoisuus taustaan verrattuna. Vielä 300 m etäisyydellä bioaerosolipitoisuudet olivat koholla, mutta 500 m etäisyydellä enää taustapitoisuutena. Bioaerosolialtistus assosioitui aivan kompostialueen vieressä asuvilla itse raportoituhiin hengitysteiden ärsytysoireisiin. Assosiaatiota hajuhavaintoihin ei todettu. Raportoidut hengitystieperäiset oireet ovat hyvin samanlaisia kuin on todettu hometaloustistuksen seurauksena. Mikrobilajeja, jotka oireita mahdollisesti aiheuttivat, ei selvitetty yksityiskohtaisemmin.

**Kompostoinnissa syntyviä bioaerosoleja**, niiden leviämistä ja toksisuutta on ruvettu selvittämään myös Suomessa. *Jätteiden laitospäiseen kompostointiin liittyvät ympä-*

*ristöterveysriskit Suomen olosuhteissa tunnetaan vielä huonosti ja ne olisi syytä selvittää ennen kuin sitä merkittävästi lisätään, varsinkin asutustajamissa. Se edellyttää ensi vaiheessa bioaerosolien koostumuksen ja toksisuuden selvittämistä, aerosolien leviämisen mallittamista ja altistumisarviota yksilötasolla ja ilmeisellä altistumisvyöhykkeellä mahdollisesti asuvien ihmisten oireiden selvittämistä. Teollisuusmaisen kompostoinnin bioaerosolien terveyshaittoihin liittyvän tutkimuksen Suomessa kuuluisi olla yksi kansallisessa kemikaaliohjelmassa harkittava tutkimuksen painopistealue. Myös hajuyhdisteiden terveyshaitoista tarvittaisiin epidemiologista tutkimusta, jossa todellinen yksilötason altistuminen on kvantitoitu. Tietoa tarvitaan nimenomaan Suomen ilmasto-olosuhteissa tapahtuvasta kompostoinnista.*

*Jätteen kompostoinnissa syntyvän mullan käyttöön on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska se saattaa sisältää kompostoinnin kestäneitä kemiallisia aineita. Raskas- ja muut metallit eivät kompostoinnissa häviä vaan konsentroituvat multa. Erityisesti jätevesilietteen kompostoinnista syntyvä multa saattaa olla saastunutta, koska aineet konsentroituvat lietteeseen jätevedestä. Multa saattaa pahimmillaan täyttää ongelmajätteen tunnusmerkit. Tällaista multaa ei saisi käyttää puutarha- ja peltoviljelyyn (haitta-aineiden kertyminen puutarhatuotteisiin) eikä paljaina pintamaina missään kohteessa (mahdolliset pölyhaitat). Jäteveden puhdistamoiden lietteen käytöstä maanviljelyksessä on säädetty VN:n päätöksessä (282/1994). Se sisältää raskasmetallien sallitut enimmäispitoisuudet levitettävässä lietteessä, mutta ei ota kantaa muiden aineiden pitoisuuksiin.*

## **7.7. Jätevedet**

Jätevesiin liittyy kemiallisia riskejä, joiden todellista terveydellistä merkitystä ihmisille ei vielä tiedetä. Jätevedellä tarkoitetaan tässä viemäriverkoston kautta jätevesien käsittelylaitoksille tulevaa (tuleva jätevesi) ja sieltä puhdistettuna lähtevää, luontoon päätyvää vettä (lähtevä jätevesi). Suomessa ei pääse merkittävästi jätevesiä puhdistamatta luontoon muulloin kuin vahinkotilanteissa. Pintavesiä pääsee valumavesinä suoraan jokiin ja järviin, mutta niiden mukana vain vähän kemiallisia aineita varsinaisiin jätevesiin verrattuna.

Teollisuuskemikaalien tietoista päästämistä jäteveeseen estetään lainsäädännöllisesti (Valtioneuvoston päätös eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden johtamisesta vesiin, 363/1994). Päätöksessä kielletään kokonaan useiden haitalliseksi tiedettyjen aineiden päästäminen vesiin (myös jätevesiin). Useiden tavallisten teollisuuskemikaalien päästöille tarvitaan lupa. Luvassa päätetään sallituista enimmäispäästöistä. Lisäksi VN:n päätöksessä 363/1994 annetaan enimmäispitoisuusraja-arvoja, joita ei saa jätevedessä ylittää.

Jätevedet sisältävät kuitenkin runsaasti muita kemiallisia aineita. Tulevassa jätevedessä on hormoneja, lääkeaineita, pesu- ja puhdistusaineita, kosmetiikan ainesosia, torjunta-aineita, lähes kaikkea mahdollista kotitalouksista ja teollisuuslaitoksista, seassa myös väärin hävitettyjä ongelmajätteitä. Tässä käsitellään näitä VN:n päätökseen 363/1994 kuulumattomia aineita. Tämän tyyppisiä jätevesien kemiallisia epäpuhtauksia on tutkittu jossakin määrin Keski-Euroopassa ja USA:ssa, mutta Suomessa vähän. *Koska pohjoiset ympäristöolosuhteet (pitkä kylmä talvi) saattavat vaikuttaa aineiden säilyvyyteen jätevedessä ja luonnossa, muualla saadut tulokset eivät välttämättä ole sellaisenaan yleistettävissä maahamme, mutta kuvaavat ongelman luonnetta.*

Jätevesilaitoksille tulevan veden kemikaalikoostumus vaihtelee paikkakunnasta toiseen ja myös ajallisesti. Kemiallisten aineiden pitoisuudet tulevassa jätevedessä ovat tyypillisesti olleet 1 ng/l – 1 µg/l.

Jäteveden puhdistuslaitoksella kukin kemiallinen aine käyttäytyy yksilöllisesti, fysiikaaliskemiallisten ominaisuuksiensa mukaisesti. Aineet saostuvat kiinteän aineksen mukana, hajoavat mikrobien vaikutuksesta ja veden käsittelyprosessit poistavat niitä kaikkiaan vaihtelevasti. Osa aineista ja aineesta pääsee tavanomaisen jäteveden käsittelyprosessin läpi muuttumatta lähtevään jäteveteen ja jäteveden vastaanottavaan luonnon veteen. Lähtevässä (puhdistetussa) jätevedessä useimpien kemiallisten aineiden pitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä kuin tulevassa jätevedessä. Jäteveden puhdistuksessa syntyvä liete tai sakka sisältää runsaasti erilaisia kemikaaleja.

Jäteveden vastaanottavassa vedessä on todettavissa kemikaaleja, jos ne ovat siellä riittävän pysyviä ja päästöt jätevedessä ovat runsaita. Jätevedessä ongelmaksi muodostuvan kemikaalin ei tarvitse olla erityisen pysyvä tai biokertyvä, koska päästö jätevedessä on jatkuvaa. Nykyisillä herkillä analyysimenetelmillä luonnon vesistä on todettavissa hyvin pieninä pitoisuuksina monia jätevesiperäisiä aineita. Vastaanottavan vesialtaan koosta ja vesimäärästä riippuen jätevesiperäisiä kemiallisia aineita luonnon vesissä on tavallisesti ollut todettavissa pitoisuustasoa 1 – 10 ng/l mutta myös -satoja ng/l. Pitoisuudet ovat usein samaa tasoa kuin pysyvien orgaanisten kemikaalien (ns. POP-aineiden) pitoisuudet samoissa vesissä.

Jäteveden kemikaalipäästöjen riskejä arvioitaessa on huomioitava että päästö on jatkuvaa eli aineita on vedessä koko ajan. Päästössä voi olla useita samallakin mekanismilla vaikuttavia aineita ja yhteisvaikutukset ovat hyvin mahdollisia. Lisäksi inaktiiviset metaboliitit saattavat metaboloitua takaisin aktiiviseksi aineeksi (konjugaattien purkaantuminen). Tästä syystä jo tavanomaista pienemmillä pitoisuuksilla voi olla merkitystä.

Haittavaikutuksen riski on ensisijassa ekotoksikologinen ja sellaisena syytä tutkia ja arvioida. Jätevesissä runsaana esiintyviä aineita on todettu syötävistä kaloista jätevesi-

laitosten ympäristössä. Myös epäsuorat riskit ovat mahdollisia. Jätevesien sisältämiin kemikaaleihin liittyvä ongelma on tiedostettu vasta äskettäin ja asiasta tiedetään niukasti. Seuraavassa käsitellään esimerkkeinä jätevesien lääkeainejäämiä, perfluorattuja alkyloituja aineita ja kosmetiikan muutamaa ainesosaa.

#### 7.7.1. Lääkeainejäämät jätevesissä

Lääkeaineet jätevesissä on ongelma, jonka todellista merkitystä ei vielä tiedetä. Käyttäjän (potilaan) kehosta päätyy lääkeaineita ja niiden metaboliitteja virtsassa ja ulosteissa jäteveeseen. Osa lääkeaineesta ei imeydy ollenkaan elimistöön ja joutuu ulosteissa jäteveeseen. Elimistöön imeytyneestä lääkeaineesta yleensä vain osa metaboloituu, loppu päätyy virtsassa jäteveeseen. Perinteiset jäteveden puhdistamot poistavat tavallisesti 40 – 90 % lääkeaineesta, aineesta ja puhdistustekniikasta riippuen, joten lääkeaineita jää puhdistettuun jäteveeseen vaihtelevia määriä ja pääsee vastaanottavaan veteen luontoon. Useimmat lääkeaineet ovat varsin lipofiilisiä, mutta hajoavat luonnossa suhteellisen nopeasti.

Lääkeainepäästöt tiheästi asutuilla seuduilla ovat runsaimpia. Pitoisuudet ovat hyvin paikkakohtaisia ja useimmiten olleet alle analyysien määrittämissä rajoissa. Puhdistetusta jätevedestä ja pintavesistä jätevesien laskupaikan läheisyydessä on mitattu lääkeainejäämiä kymmenistä satoihin ng/l (ääriarvot µg/l), lääkeainemetaboliitteja jopa suurempia pitoisuuksia. Kaikkiaan pintavesistä on raportoitu kymmeniä lääkeaineita (Daughton ja Ternes 1999, Jones ym. 2004). Useimmin on todettu paljon käytettyjä lääkeaineita (mm. useat särkylääkkeet) tai jotka ovat suhteellisen pysyviä (klofibraatti, karbamatsipiini, metoprololi). Antibiootteja (esimerkiksi erytromysiini, sulfametoksatsoli, trimetopriimi) on todettu samanlaisia pitoisuuksia.

Ihminen voi periaatteessa altistua jäteveden lääkeainejäämille juomavedessä, jos vastaanottavaa vettä käytetään vesilaitoksen raakavetenä (kappale Juomavesi, luku 3.3.3). Lääkeainejäämien kertymisestä kalaan vedestä on vähän tietoa. Molemmista tapauksissa päivittäinen lääkeannos ihmiselle jää maksimissaankin marginaaliseksi verrattuna lääkehoidossa käytettäviin annoksiin ja farmakologinen vaikutus ihmisessä on hyvin epätodennäköinen. Useimmilla lääkeaineilla on hyvin spesifinen reseptorivälitteinen vaikutus, ja ne vaikuttavat pienempinä pitoisuuksina kuin muut kemikaalit. Additiiviset yhteisvaikutukset ovat myös mahdollisia. Suorina farmakologisina haittavaikutuksina on pohdittu mm. estrogeenisten aineiden mahdollista vaikutusta poikien sikiöaikaiseen kehitykseen. Vahvasti allergiset henkilöt reagoivat jo hyvin pienille määriä lääkeaineita. Altistuslaskelmat jätevesien estrogeenihormoneista, penisilliinista ja syklofosamidista (genotoksinen syöpälääke) eivät tanskalaisen lääkekulutuksen ja päästöskenaarioiden mukaan osoita terveystarve (Christensen, 1998).

Jätevesien lääkeainejäämiin liittyvä arvaamattomin riski on antibioottijäämien aiheuttama **mikrobien antibioottiresistenssi**. Se on uhka, joka tiedostetaan, mutta jonka todellista suuruutta ja seurauksia on vielä vaikea arvioida. Jätevesilaitoksista, jätevedestä ja jätevesilaitosten alapuolisista vesistä todetaan nopeasti lisääntyvässä määrin antibiooteille resistenttejä mikrobikantoja. On riski, että aikaa myöten veteen kehittyvät superresistenttejä mikrobeja, joille altistuminen aiheuttaa hankalasti hoidettavia infektioita. Tästä syystä antibioottien pääsy jätevesiin olisi minimoitava ja jäämät olisi voitava tuhota viimeistään jätevesilaitoksella. Useat **syöpälääkkeet** aiheuttavat mutaatioita ja voivat osaltaan edistää mutanttien mikrobikantojen kehittymistä. Riski kohdistuu suurimpana jätevesilaitoksen mikrobeihin. Esimerkiksi syklofosfamidi säilyy hyvin jätevesissä.

Jäteveden lääkeainejäämät muodostavat ensisijassa paikallisen ekotoksikologisen riskin. Jätevesiä sisältäneessä ympäristössä on todettu uroskalojen feminisaatiota ja syylliseksi on epäilty estrogeenisia aineita (Daughton ja Ternes, 1999). Jäteveden estrogeenisesta aktiivisuudesta kuitenkin 95 % on luonnollisia virtsasta tulevia hormoneja ja vain noin 5 % lääkeainetta. Lääkeaineiden osuus päästöstä on siten pieni, ehkäisytabletit ja korvaushoito tärkeimpinä ryhminä. Monet lääkeaineet näyttävät olevan hyvin toksisia vesiekosysteemeissä. Perinteiset toksisuustestit eivät tätä kuitenkaan välttämättä paljasta, koska lajien välinen herkkyys vaihtelee.

#### 7.7.2. Perfluoratut alkyloidyt aineet (PFAS)

Syksyllä 2004 julkistettiin pohjoismainen pilottitutkimus, jossa on selvitetty perfluoratujen alkyloitujen aineiden (mm. perfluoro-oktaanisulfonaatti, PFOS ja perfluoro-oktanohappo, PFOA) pitoisuuksia jätevedenpuhdistamolietteessä, jätevedessä ja kaloissa (Kallenborn ym., 2004). Aineita on käytetty pintakäsittelyaineena tuottamaan vettähyylkiviä pintoja, mm. tekstiileissä, auto- ja lattiavahoissa ja sähkölaitteissa. Ne ovat hyvin pysyviä luonnossa (hiili-fluorisidos hyvin kestävä) ja voimakkaasti pinnoille adsorboituvia. Tästä syystä PFAS-yhdisteet kertyvät myös biologiseen materiaaliin. Suomessa PFAS-aineiden pitoisuuksia oli mitattu pääkaupunkiseudun jätevesilaitosten jätevesilietteestä (2 – 2.5 µg/kg aineita yhteensä) ja jätevedestä (0.05 – 0.1 µg/l). Ne sisälsivät suurimmat pitoisuudet osoittaen, että jätevesi oli pääasiallinen päästölähde. Aineet kertyvät sedimenttiin. Lähistöltä pyydytyissä hauissa (maksassa) oli korkeita pitoisuuksia (keskimäärin 650 µg/kg aineita yhteensä). Useissa ympäristönäytteissä pitoisuudet olivat samoja tai jopa suurempia kuin jo tunnettujen pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP) pitoisuudet. PFAS-aineet ovat koe-eläimissä maksatoksisia ja niiden eliminaation puoliintumisaika ihmisellä vuosia. Terveysriskiä ihmiselle ei tiedetä.

### 7.7.3. Kulutustuotteet, kosmetiikka

Henkilökohtaiseen hygieniaan ja kodinhoitoon liittyviä tuotteita joutuu jätevesiin runsaasti. Samoin kosmetiikkaa. Niiden kohtalosta jätevedessä tiedetään vähän. Samoin mahdollisista ekotoksisista vaikutuksista. Komponenteissa on kuitenkin myös hyvin pysyviä ja kertyviä aineita. Esimerkiksi useat synteettiset hajusteet ovat hyvin pysyviä ja lipofiilisinä biokertyviä. Niitä on todettu Keski-Euroopassa kaloista jopa mg/kg-pitoisuuksina ja äidinmaidosta satoja mg/kg rasvaa (Daughton ja Ternes, 1999). Samoin mm. aurinkosuoja-ainekomponentteja on todettu kaloista 0.5 – 2 mg/kg rasvaa pienissä vesissä, joissa uidaan paljon.

Edellä esitetyt esimerkit osoittavat, että jätevesissä saattaa päästä alapuolella olevaan vesistöön hyvin monenlaisia kemiallisia aineita, joista osa on biokertyviä. Aineiden todellisia mahdollisia haitallisia terveysvaikutuksia ei tiedetä ja sitä on myös vaikea arvioida. Suomessa vettä on runsaasti, vesistöt isoja ja aineiden voimakas laimeneminen mahdollista. Silti päästöpuolelta pitoisuudet voivat olla jatkuvasti koholla. Potentiaalista ongelmaa voidaan pienentää ja ennalta ehkäistä minimoimalla kemiallisten aineiden päästöt jätevesilaitoksilta ympäristöön. Tämä edellyttää jäteveden käsittelytekniikoiden kehittämistä kemiallisia aineita hajottaviksi ja poistaviksi (otsonointi, hapetus, aktiivihiihikäsittely jne.). Jätevesissä olevista kemikaalijäämistä Suomessa, niiden eko- ja terveysriskeistä ja mahdollisuuksista vähentää päästöjä, on tarpeen tehdä kokonaisvaltainen selvitys. Suomen pohjoiset ympäristöolosuhteet saattavat edistää aineiden säilymistä luonnossa ja hyvin erilaisissa olosuhteissa saadut tulokset eivät välttämättä ole yleistettävissä Suomeen. Jäteveden käsittelyyn liittyvää tutkimusta ja hyväksi havaittujen tekniikoiden käyttöönottoa jätevesien käsittelylaitoksilla olisi syytä myös tukea.

## 7.8. Yhteenveto jätteistä ja jätevesistä

Jätteet aiheuttavat kuluttajille vähän kemiallisia terveysriskejä. Jätteiden käsittely on ohjeistettu, keräys järjestetty ja valistus säännöllistä. Yksittäiselle kuluttajalle jää vastuuta toimia oikein. Potentiaalisin kemiallisten aineiden aiheuttama riski liittyy ongelmajätteisiin. Niiden pitkäaikaiseen säilytykseen ja varastointiin kotitalouksissa liittyy vuoto- ja vahinkoriski, joiden paras ehkäisy on ongelmajätteiden säännöllinen toimitaminen jätekeräykseen. Jatkuva säännöllinen valistus ongelmajätteistä ja niiden systemaattinen avustettu keräys ovat paras tapa minimoida ongelmia.

Erityisesti biologisten jätteiden hävittämiseen jätteenkäsittelylaitoksilla kompostoimalla saattaa liittyä hajuhaittoja lähiympäristön väestölle. Toinen haitta, jonka todellista suuruutta ja merkitystä ei vielä tunneta, on kompostoinnista syntyvät mikrobiperäiset bio-



aerosolit, niiden leviäminen ja vaikutukset. Erityisesti jätevesilietteestä kompostoidussa mullassa saattaa olla runsaasti kemiallisia jäämiä, varsinkin raskasmetalleja. Kompostimullan laatu ja sen epäpuhtaudet tulisi ottaa huolella huomioon mullan käytössä.

Jätevesien sisältämät kemialliset aineet ovat potentiaalisesti ongelma, jonka suuruutta Suomessa ei vielä tiedetä. Suomen pohjoiset ympäristöolosuhteet saattavat aiheuttaa vuodenaikaisvaihtelua, joka ei ole ennustettavissa muualta saaduista tuloksista. Useiden teollisuuskemikaalien päästöt jäteveeseen on säännelty lainsäädännöllä mutta mm. kulutustuotteista pääsee jäteveeseen haitallisia aineita, jotka läpäisevät nykyiset jäteveden käsittelyprosessit. Vaikka aineet eivät olisi kovin pysyviä, päästöt ovat jatkuvia. Haittavaikutusten riski on ensisijassa ekotoksikologinen ja päästöpaikalla, mutta joidenkin aineiden pysyvä luonne ja sama pitoisuustaso kuin POP-aineilla antavat aiheutta lisäselvityksiin. Kala on potentiaalinen altistumislähde ihmiselle.

### **7.9. Yhteenveto jätteitä ja jätevesiä koskevista suosituksista**

*Jätteiden teollisuusmaiseen kompostointiin liittyvät ympäristöterveysriskit Suomen olosuhteissa tunnetaan vielä huonosti ja ne olisi syytä selvittää ennen kuin sitä merkittävästi lisätään. Tämä edellyttää myös perustutkimusta syntyvistä bioaerosoleista, niiden koostumuksesta, toksisuudesta, leviämisestä ja väestön henkilökohtaisesta altistumisesta.*

*Jätteiden kompostoinnissa syntyvän mullan jatkokäyttöön on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska se saattaa sisältää kemiallisia epäpuhtauksia (mm. raskasmetalleja, mutta myös muita kompostoinnin kestäviä aineita), kompostoidusta materiaalista riippuen.*

*Jätevesissä olevista, erityisesti muiden kuin teollisuuskemikaalien kemikaalijäämistä, on tarpeen tehdä kokonaisvaltainen selvitys kansallisen kemikaaliohjelman puitteissa. Sen tulisi kattaa arvio ekotoksisista ja terveysriskeistä ja mahdollisuudet vähentää päästöjä jätevesilaitostekniikoita kehittämällä. Suomen pohjoiset ympäristöolosuhteet edellyttävät myös kansallista tutkimustietoa asiasta.*

## Kirjallisuutta

### 3.12.1993/1072 Jätelaki

- 1390/1993 Jäteasetus
- 282/1994 Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä
- 363/1994 Valtioneuvoston päätös eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden johtamisesta vesiin
- 262/1998 Valtioneuvoston päätös otsonikerrosta heikentävistä aineista
- 17/1999 Valtioneuvoston päätös eräitä vaarallisia aineita sisältävistä paristoista ja akuista annetun valtioneuvoston päätöksen 2 ja 3 §:n muuttamisesta
- 452/2004 Laki jätelain muuttamisesta
- 75/442/ETY Neuvoston direktiivi, annettu 15 päivänä heinäkuuta 1975, jätteistä. Virallinen lehti nro L 194, 25/07/1975, s. 0039 - 0041
- 91/156/ETY Neuvoston direktiivi, annettu 18 päivänä maaliskuuta 1991, jätteistä annetun direktiivin 75/442/ETY muuttamisesta. Virallinen lehti nro L 078, 26/03/1991, s. 0032 - 0037
- 91/689/ETY Neuvoston direktiivi, annettu 12 päivänä joulukuuta 1991, vaarallisista jätteistä. Virallinen lehti nro L 377, 31/12/1991, s. 0020 - 0027

Arnold M. Kompostoinnin kaasumaiset päästöt ja niiden muodostumismekanismit. VTT Prosessit, Projektiraportti PRO3/P5/04. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo, Suomi, 2004.

Christensen FM. Pharmaceuticals in the environment - a human risk? Regulatory Toxicology and Pharmacology 1998;28:212-221.

Daughton CG, Ternes TA. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? Environmental Health Perspectives 1999;107:907-938.

Herr CE, Zur Nieden A, Jankofsky M, Stilianakis NI, Boedeker RH, Eikmann TF. Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. Occup Environ Med 2003;60(5):336-342.

Herr CEW, Zur Nieden A, Stilianakis NI, Eikmann TF. Health effects associated with exposure to residential organic dust. American Journal of Industrial Medicine 2004;46:381-385.

Jones OAH, Voulvoulis N, Lester JN. Potential ecological and human health risks associated with the presence of pharmaceutically active compounds in the aquatic environment. *Critical Reviews in Toxicology* 2004;34(4):335-350.

Kallenborn R, Berger U, Järnberg U. Perfluorinated alkylated substances (PFAS) in the Nordic environment ([http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pfas\\_nmr2004.pdf](http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/pfas_nmr2004.pdf)).

Müller T, Thißen R, Braun S, Dott W, Fischer G. (M)VOC and composting facilities. Part 1: (M)VOC emissions from municipal biowaste and plant refuse. *Environ Sci & Pollut Res* 2004;11(2):91-97.

Müller T, Thißen R, Braun S, Dott W, Fischer G. (M)VOC and composting facilities. Part 2: (M)VOC dispersal in the environment. *Environ Sci & Pollut Res* 2004;11(3):152-157.

Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen määrä ja laatu. YTV, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2004:13.

Wester RC, Hui X, Barbadillo S, Maibach HI, Lowney YW, Schoof RA, Holm SE, Ruby MV. In vivo percutaneous absorption of arsenic from water and CCA-treated wood residue. *Toxicological Sciences* 2004;79:287-295.

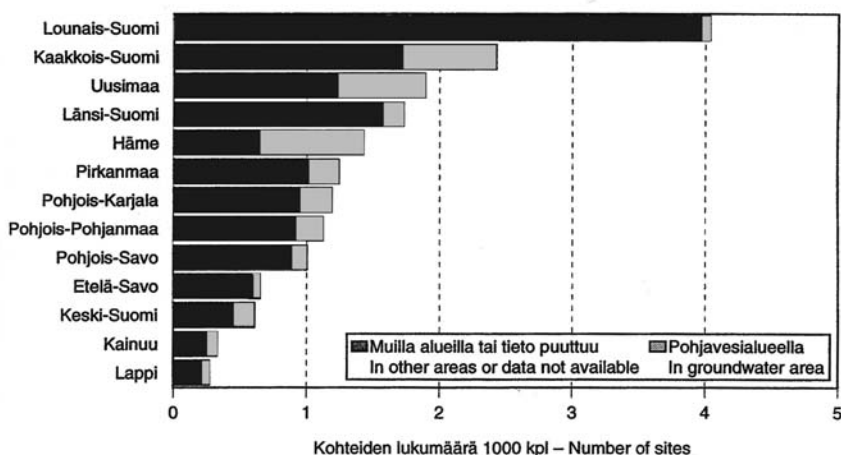
## 8 PILAANTUNEET MAAT

Hannu Komulainen

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

### 8.1. Johdanto

Pilaantuneella maalla tarkoitetaan tässä maa-aluetta, joka on kontaminoitunut kemiallisella aineella (ns. **saastunut maa**) siinä määrin, että siitä saattaa seurata haittaa ihmisen terveydelle tai luonnolle. Suomen ympäristökeskus on kartoittanut valtakunnallisesti mahdollisesti pilaantuneet maat niiden käyttötarkoituksen perusteella. Alueita on yhteensä noin 20 000. Noin kolmannes alueista on entisiä tai nykyisiä polttoaineen jakeluasemia ja -pisteitä (Tilastokeskus, 2000). Yli kymmenen prosentin osuus kohteista on korjaamoja, maalaamoja, romuttamoita, varikkoja, kaatopaikkoja ja muita jätteenkäsittelyalueita. Tyypillisiä pilaantuneita maita ovat myös ampumaradat, sahojen pohjat, puunkyllästämöt ja monet teollisuusalueet sekä kauppapuutarhat (kasvihuoneet). Suurin osa pilaantuneista maista sijoittuu Lounais- ja Kaakkois-Suomeen ja Uudellemaalle.



Kuva 8.1. Mahdollisesti pilaantuneet maat Suomessa, alueellinen jakautuma. (Tilastokeskus, 2000).

Osa saastuneista maista sijaitsee pohjavesialueilla (Kuva 8.1) ja ne ovat ongelmallisia, koska pohjavesi voi saastua. Jätteiden hautaaminen maahan on ollut yleistä ennen

kaatopaikkaverkoston luomista, joten pienempiä tuntemattomia kohteita todennäköisesti on edellisten lisäksi. Pilaantuneiden maiden tyyppikirjo osoittaa, että maata saastuttavia kemiallisia aineita on paljon ja monenlaisia. Tässä selvityksessä ei tarkastella yksittäisiä kemikaaleja kuin esimerkkeinä. Ongelmaa tarkastellaan yleisemmällä tasolla ja erityisesti pyritään arvioimaan asioita, joihin ei ole aikaisemmin kiinnitetty huomiota. Suurimmasta osasta saastuneiksi epäiltyjä alueita ei ole tarkempaa selvitystä tai mittaustuloksia haitallisten aineiden pitoisuuksista. Koska alueita on paljon ja niiden kunnostaminen maksaa, alueet on syytä priorisoida kunnostuksen kannalta kiireellisyysjärjestykseen ja sitä on tehtykin. Tässä mahdollisen terveystahitan olisi oltava keskeinen kriteeri.

Maan saastuneisuutta on yksityiskohtaisesti selvitetty tavallisimmin tilanteessa, jossa maan käyttöä harkitaan uudelleen, asumisympäristönä tai pohjavesi on todettu saastuneeksi (kappale Juomavesi, luku 3.3.5). Suomessa on analysoitu myös useita entisten sahojen pohjia, koska niissä tiedetään olevan haitallisia aineita. Entiset saha-alueet ovat usein veden äärellä, parhaalla paikalla asuttavaksi ja siten mielenkiinnon kohteena maankäytön suunnittelussa.

Puunsuoja-aineet (tetrakloorifenoli, kromi, arseeni, kupari) ja niiden epäpuhtaudet (dioksiinit), raskas- ja muut metallit (lyijy, arseeni, kadmium, sinkki, kromi) ja polttoaineet ovat tavallisia pilaantuneiden maiden kemikaaleja Suomessa. Vanhojen kaatopaikkojen suodosvesissä voi olla mitä tahansa kemikaaleja, jotka pääsevät liikkumaan maaperässä. Teollisuuden päästöissä metallit ovat useimmiten ongelmana.

Pilaantuneeseen maahan liittyvää terveystahitusta on arvioitava aina tapauskohtaisesti. Yleisiin pitoisuusnormeihin perustuvat riskinhallintatoimet eivät johda luotettavaan tulokseen. Ongelmana oleva aine tai aineet, niiden pitoisuudet, maaperän ominaisuudet, alueen ja sen ympäristön käyttö, pohjavesitilanne, mahdollisesti altistuvan väestön rakenne, altistumisreitit jne. on otettava huomioon ja niillä on tapauskohtaisesti eri painoarvo. Tavoitteena on saada selville kokonaisaltistus, jota verrataan haitalliseksi tiedettyyn altistumistasoon.

## **8.2. Lainsäädännön tila**

Pilaantuneita maita sivutaan lainsäädännöllisesti useassa yhteydessä. Ympäristönsuojelulain (4.2.2000/86 ja sen muutokset) yleistavoitteena on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja poistaa ja vähentää pilaantumista aiheuttavia vahinkoja. Siinä säädetään mm. maaperän pilaamiskielto ja säännökset maaperän ja pohjaveden puhdistamisesta. Ympäristönsuojeluasetuksessa (18.2.2000/169) säädetään ympäristöluvasta ja mm. ilmoitusmenettelystä maaperän puhdistuksen yhteydessä.

Suomessa ei ole lainsäädännöllisiä pilaantuneen maan ainekohtaisia raja-arvoja, mutta tavoitteena on ollut sellaiset asettaa asetuksella. Jo vuosia on pilaantuneen maan puhdistustarpeen arvioinnissa käytetty valtakunnallisesti ohjenuorana SYKE:n SAMASE-projektissa määriteltyjä ainekohtaisia ohjearvoja (Assmuth, 1997). Ohjearvot ovat "yksinkertaisia ja suuntaa-antavia määrällisiä kriteerejä, joilla arvioidaan karkeasti hyväksyttäviä ja ei-hyväksyttäviä riskitasoja" (Assmuth, 1997). Ne on asetettu ekotoksikologisin perustein ottaen huomioon myös muita kuin tieteellisiä perusteita. Ohjearvot sisältävät epäpuhtaudelle tavoitearvon ja raja-arvon. Tavoitearvo määritellään "pitoisuustasoksi, josta ei arvioida todennäköisesti aiheutuvan mainittavia haittoja eliöille ja maaperän ekologisille funktioille". Raja-arvo on "pitoisuustaso, josta arvioidaan voivan aiheutua yleisiä ja voimakkaita toksisia vaikutuksia useille eliöille tai toksisia vaikutuksia ihmiselle intensiivisessä, altistusta aiheuttavassa maankäytössä". SAMASE-ohjearvot ovat käytännössä olleet hyvin normatiivisia pilaantuneen maaperän kunnostuksessa lakisäateisten raja-arvojen puuttuessa. Maaperä puhdistetaan usein tavoitearvoon.

On huomattava, että SAMASE-ohjearvoja ei ole asetettu **terveysperusteisesti**, vaikka todennäköisesti niitä useimmiten niin tulkitaan. Lähtökohtana pilaantuneen maan puhdistukselle on useimmiten arvio terveysriskistä ihmiselle ja sen vähentäminen. Käytännössä tarkan yleispätevän absoluuttisen raja-arvon asettaminen on vaikeaa, kuten SAMASE-arvojen yhteydessä myös todetaan (ne ovat viitteellisiä arvoja), koska hyvin monet paikalliset tekijät vaikuttavat epäpuhtauksille altistumiseen (mm. biosaataavuus).

Valtioneuvoston päätöksessä pohjavesien suojelemisesta eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden aiheuttamalta pilaantumiselta (364/1994) luetellaan aineryhmät, joita ei saa päästää pohjavesiin. Lista on kattava ja sisältää tavallisimmat ongelma-aineet (mm. raskasmetallit, mineraaliöljyt, hiilivedyt, biosidit).

### **8.3. Altistuminen pilaantuneista maista**

Pilaantuneissa maissa olevat kemialliset aineet saattavat saastuttaa pohjaveden, ja aiheuttaa terveysriskiä, jos vettä käytetään juomavetenä. Muut mahdolliset altistumisreitit ovat suoranainen saastuneen maan syöminen tai käsien kontaktit saastuneeseen maahan (pienet lapset), kertyminen maaperästä syötäviin ravintokasveihin, erityisesti puutarhakasveihin ja marjoihin sekä hengittäminen pienhiukkasissa/pienhiukkasina hengitysilmassa. Imeytyminen ihon läpi on merkityksetön altistumisreitti, koska ihokontakti maahan on harvinaista ja useimmat aineet imeytyvät elimistöön huonosti ihon läpi.

Kemikaalit ovat sitoutuneena maa-ainekseen ja tämä vaikuttaa altistumiseen. Sitoutumisen luonne ja voimakkuus säätelevät, kuinka syvälle aine kulkeutuu maaperässä ja kuinka nopeasti aine liikkuu siellä. Ratkaisevaa altistumisen kannalta on myös ke-

mikaalin kestävyys ja säilyvyys maaperässä. Aineet hajoavat siinä yksilöllisesti. Metallit ovat yleinen pilaantuneen maan ongelma, koska ne ovat alkuaineina pysyviä, eivätkä häviä maasta. Ilmasta tuleva kemikaalilaskeuma jää pääosin aivan maan pintakerrokseen ja maa on saastuneinta aivan pintakerroksista (10-20 cm). Maaperän muuttuvat olosuhteet saattavat lisätä aineiden liukoisuutta veteen ja niiden liikkuvuutta. Yksi tärkeä tekijä on maaperän pH.

Altistumisen ja toksisuuden kannalta keskeistä on kemikaalin biosaatavuus maa-aineksesta (liukoisuus imeytyvään muotoon), kuinka helposti ja missä määrin se irta-aa maapartikkeleista. Jopa niellystä maasta biosaatavuus saattaa olla huomattavasti, kuin jos aine muuten imeytyisi elimistöön. Useimmiten biosaatavuutta ei tunneta, mutta sen vaikutus altistumiseen on tavallisesti altistumista pienentävä (niellystä annoksesta vähemmän imeytyy elimistöön). Joillekin aineille niiden tarkka lopullinen spesiaatio, jolle altistutaan, on tärkeä. Spesiaatio voi muuttua maaperässä toksisesta vähemmän toksiseksi tai päin vastoin. Esimerkiksi kromi (VI) on huomattavasti toksisempaa kuin kromi (III).

#### 8.3.1. Pohjaveden saastuminen

Pilaantuneisiin maihin liittyvä pohjaveden saastuminen on todettu riski Suomessakin. Kärkölan saha-alueen kloorifenolien leviäminen pohjaveteen ja myös sen välityksellä laajalle ympäristöön on tästä esimerkki. Vesilaitoksen juomaveden kontaminoituessa altistuneita voi olla tuhansia. Todennäköisempää kuitenkin on yksityisten kaivojen kontaminoituminen saastuneen alueen välittömässä läheisyydessä. Ottaen huomioon väestömäärän, joka tässä yhteydessä saattaa altistua, **huomaamaton pohja- ja juomavesiongelma on saastuneisiin maihin liittyvä merkittävin terveysriski**. Useat orgaaniset epäpuhtaudet on tunnistettavissa juomavedestä ensimmäiseksi hajun, (ei välttämättä maun) perusteella, koska ne ovat helposti haihtuvia. Esimerkiksi kloorifenoleita ei kylmästä vedestä helposti maista.

#### 8.3.2. Altistuminen suun kautta

Pienten lasten altistuminen suoraan saastuneesta maasta on toinen merkittävä riski. Pienet lapset ovat paikallisesti tärkein riskiryhmä. Altistumisriski on suurin 1-2 vuoden iässä useasta syystä. Tämänikäinen lapsi ryömii maassa, suoraan maasta syö hiekkaa ja maata ja nuolee likaisia käsiään. Lapsia havainnoitaessa on todettu, että tämän ikäinen lapsi laittaa kätensä suuhun keskimäärin 8-10 kertaa tunnissa (Kwon ym., 2004). Altistumisriski säilyy koholla ikään, jolloin leikit ja kontakti saastuneeseen maahan vähenevät (6-7 vuotta). Altistumista vielä lisää useiden aineiden parempi imeytymi-

nen lasten ruoansulatuskanavasta, koska kaikki suojabarrierit eivät ole vielä täysin kehittyneitä. Esimerkiksi lyijy imeytyy elimistöön huomattavasti helpommin lasten ruoansulatuskanavasta kuin aikuisiällä. Nämä tekijät yhdessä yhdistettynä lasten yleisempään herkkyyteen haittavaikutuksille tekevät pienistä lapsista riskiryhmän.

### 8.3.3. Altistuminen kasveja syömällä

Pilaantuneella maalla kasvaneisiin kasveihin saattaa kertyä maasta tai tulla laskeumana ilmasta epäpuhtauksia, joille altistutaan kasveja tai niiden tuotteita (marjat, hedelmät) syötäessä. Tavallisin skenaario Suomessa on pitkäaikainen ilmasta tuleva metallilaskeuma kasvimaalle aivan teollisuusalueen vieressä ja lähiympäristössä. Toinen mahdollinen päästöskenaario on runsaasti metalleja (arseeni, uraani) sisältävän kasteluveden käyttö kasvimaan kasteluvetenä. Vuosien runsas saman maa-alueen kastelu nostaa maaperän metallipitoisuutta. Altistumisen kannalta keskeistä on, kertyykö tai rikastuuko aine syötävään kasvinosaan. Se vaihtelee merkittävästi eri kasvien, jopa kasvinosien kesken ja riippuu myös maaperän ominaisuuksista. Todellinen pitoisuus on todettavissa vain kasveista määrittämällä. Syötävien kasvinosien pinnalle tulee myös suoraa laskeumaa ilmasta ja kasteluvedessä (esimerkiksi salaatinlehdet). Huuhdomalla syötävät kasvinosat voidaan pinnalla olevaa altistetta vähentää. Selvitettäessä altistumista syötävissä kasveissa oleville epäpuhtauksille on hyödyllistä tietää, mikä osuus ainetta on kasvissa sisällä ja mikä osuus on poispestävissä. Kansanterveyslaitos on antanut säännöllisesti asiantuntijalausuntoja **metalleilla saastuneiden maiden terveysriskeistä** ja joutunut siinä yhteydessä myös arvioimaan annosta syötävistä kasveista. Jos pitoisuudet kasveista on määritetty, niistä saatava osuus on tarkimmin arvioitavissa. Metallien kertymistä syötäviin kasveihin Suomessa on tutkittu systemaattisesti vähän. Tietoa on pirstaleina, yksittäisiin tarkoituksiin teetettynä, mutta sitä ei ole voitu koota yhteen.

Peltoviljelyyn on liittynyt vähemmän tiedossa olevia altistumisriskejä kuin kasvimaihin. Tietävästi Suomessa ei ole maaperässä luonnostaan mitään aineita niin suurina pitoisuuksina, että ne aiheuttaisivat riskejä syötävien kasvien välityksellä. Keinolan- noitteissa oli runsaasti kadmiumia, mutta siitä on päästy käyttämällä raaka-aineena vähän kadmiumia sisältävää fosfaattia. Jäteveden puhdistamon ja muun lietteen käytöstä peltoviljelyyn on säädetty VN:n päätöksellä (Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä, 282/1994). Päätöksen mukaan lietettä saa käyttää vaan viljelymailla, joilla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta, öljykasveja tai kasveja, joita ei käytetä ihmisen tai eläimen rehuksi. Toisaalta viljelymailla, jolla on käytetty lietettä, saa viljellä perunaa, juureksia ja vihanneksia aikaisintaan viiden vuo-



den kuluttua lietteen käytöstä. Lietteen käyttöön liittyvät varotoimenpiteet edellyttävät siten yksityiskohtaista kirjanpitoa.

VN:n päätöksessä 282/1994 on enimmäispitoisuudet ainoastaan raskasmetalleille, joita levitettävä liete saa sisältää ja metallien enimmäispitoisuudet maaperässä, johon lietettä levitetään. Jäteveden puhdistamolietteeseen konsentroituu hyvin monenlaisia kemikaaleja (kappale Jätteet ja jätevedet, luku 7.7), ei pelkästään raskasmetalleja. Aivan äskettäin on todettu, että jätevesiliete sisältää runsaasti mm. perfluorooktaanisulfonaattia (PFOS), joka on luonteeltaan hyvin pysyvä yhdiste. Jätevesilietteessä saattaa olla raskasmetallien lisäksi vielä aineita, joiden joutumista myös viljelysmaille olisi syytä selvittää. Aiheuttaakseen haittaa ihmisille, niiden olisi lisäksi kerryttävä viljaan tai muuhun säännöllisesti syötävään kasviin. Kyseeseen voi tulla eri aineet kuin perinteiset lipofiiliset ympäristömyrkyt, koska kertyminen ja konsentroituminen tapahtuu eri mekanismein. *Kemikaaliohjelman puitteissa olisi syytä selvittää yksityiskohtaisemmin, onko jätelietteessä muita potentiaalisia kemiallisia aineita kuin raskasmetallit, joiden pääsyä viljeltävään peltoon tulisi seurata. Sikäli kuin tällaisia aineita todetaan, niiden kertymisestä syötäviin kasveihin tarvitaan myös tietoa ihmisten altistumisen arvioimiseksi.* Sama asia koskee jätelietteen kompostimultaa. Jos jätteiden teollisuusmainen kompostointi yleistyy, kompostimullan määrä myös lisääntyy ja samalla sen käyttö. Mahdolliset kemikaalijäämät kompostimullassa on syytä myös tällöin huomioida.

#### 8.3.4. Altistuminen hengitysteitse

Kolmas altistumisreitti pilaantuneiden maiden kemikaaleille on (pien)hiukkasissa hengitysteihin. Tämä on myös hankalimmin arvioitava ja käytännössä tuntemattomin altistumisreitti. Avoimesta peittämättömästä maanpinnasta saattaa nousta pölyä erityisesti tuulella, mutta resuspensio muutenkin on mahdollista (esimerkiksi autoliikenteen ilmapirrut), erityisesti kuivalla säällä. Lisäksi pölyä kantautuu jalkineissa sisätiloihin. Hiukkasia ja niille altistumista on tutkittu runsaasti viime vuosina ulko- ja sisäilma-ongelmana (kappale Hengitysilma, luku 2.7), myös Suomessa. Asiaa ei ole tutkittu saastuneiden maiden näkökulmasta, mutta tutkimustieto muista samankokoisista hiukkasista on yleistettävissä altistumisperiaatteiden osalta.

Saastuneen maan pinta voi olla multaa, hiekkaa tai muuta maa-ainesta. Hiukkaskooltaan se on pääasiassa yli 10 µm, mutta seassa voi olla pienempiä hiukkasia 1- 2 µm, jos maa-aines on jauhautunutta. Pöly muistuttaa lähinnä kevätpölyä, mutta on todennäköisesti useimmiten sitä karkeampaa. Haitalliset kemikaalit ovat adsorboituneina hiukkasiin eli maaperäiset hiukkaset toimivat niiden kantajina. Koska hiukkaskoko on noin suuri, suurin osa saastuneen maan hiukkasista jää ylähengitysteihin. Alempiin

hengitysteihin pääsevät vain 5 µm ja sitä pienemmät hiukkaset. Saastuneen maan hiukkaset eivät siten ole varsinainen pienhiukkasongelma eikä niille ole syytä olettaa samantaisia haittavaikutuksia kuin varsinaiset pien- (1-2 µm) tai ultrapienhiukkaset (0.1µm) aiheuttavat. Aineiden biosaatavuus (liukeneminen hiukkasista) on yhtä tärkeä tekijä altistumiselle hengitysteissä. Varsinaisella hiukkasaltistuksella ylähengitysteissä lieenevä vähäinen terveydellinen merkitys useimmin esiintyvänä pitoisuuksina. Maaperästä lähtevä hiukkasaltistuminen ei useimmiten ole merkittävä altistumistapa eikä -reitti saastuneiden maiden kemiallisille aineille. Vaikka asiaa on tutkittu vähän, tämä voidaan päätellä runsaan muun tiedon perusteella pienhiukkasista ja niiden käyttäytymisestä. Altistumisriski on suurin maamassoja liikuteltaessa kunnostustoimenpiteiden yhteydessä, ellei pölyämistä estetä. Kysymyksessä on kuitenkin tilapäinen episodi.

Pilaantuneiden maiden kunnostuksen yhteydessä työperäinen altistus sekä hiukkas- että kaasuntuville aineille saattaa olla huomattavaa ja aiheuttaa työtekijöille terveysriskejä. Työperäistä kemikaalialtistusta ei kuitenkaan tässä selvityksessä käsitellä.

#### 8.4. Tyyppialueita ja niiden ongelma-aineita

##### 8.4.1. Sahat ja sahojen pohjat

Suomessa on noin 250 saha-aluetta. Osa näistä sahoista on jo lopettanut toimintansa. Sahoilla käytettiin pitkään ainoana puunkyllästysaineena KY-5-tuotetta (valmistus kielletty 1984), jossa tehoaineena oli **kloorifenoleja** (mm. tetrakloorifenoli). KY-5 sisälsi epäpuhtautena polyklooridibentsofuraaneja ja polyklooridibentso-p-dioksiineja, mm. **TCDD:tä** (dioksiinia), mikä hyvin säilyvänä, biokertyvänä ja potenttina ympäristömyrkkynä on ongelma-aine. Myöhemmin on käytetty paljon **kuparin, kromin** ja **arseenin** suolaseosta puunsuoja-aineena.

Sahoihin liittyvä pilaantuneiden maiden problematiikka tunnetaan Suomessa varsin hyvin ja siihen liittyvää terveysriskiä osataan parhaiten arvioida. Asia otetaan huomioon myös maankäytön suunnittelussa ja alueiden puhdistuksen periaatteet on tiedossa. Tätä on osaltaan auttanut perusteellinen Kärkölen tapauksen tutkimus (Lampi 1996). Siinä ympäristön väestö altistui juomaveden (pohjaveden) välityksellä ja paikallisen järven kalojen kautta erityisesti tetrakloorifenolille. Saha-alue on toiminut saastelähteenä ja vaikutukset ovat ilmenneet kaukana alueen ulkopuolella. Keskeisenä altistamisreittinä on ollut saastunut pohjavesi. Sahojen pilaantuneisiin maihin liittyy usein myös sedimenttiongelma. Aineita on päässyt valumaan suoraan pintaveteen tai joutunut täytemaiden mukana rantaveteen. Saha-alueisiin liittyvän maan saastumisen laajuus on aina selvitettävä perusteellisin pitoisuusanalysein. Toimenpiteet ja seuraukset ovat sen mukaisia. Saastuneisiin sahanpohjiin liittyen ei ole tehtävissä lisää

merkittävää uutta yleisellä tasolla kansallisessa kemikaaliohjelmassa terveysriskinarvion näkökulmasta. Parempi tieto yksittäisten ongelma-aineiden kinetiikasta maaperässä ja biosaatavuudesta erilaisista maa-aineksista edesauttaisi riskinarviota.

#### 8.4.2. Kaatopaikat

Vanhat kaatopaikat, joita ei ole nykytiedon mukaisesti sijoitettu ja perustettu, muodostavat vähintään pohjavesiriskin. Osa niistä on jo peitetty ja alue otettu uuteen käyttöön. Kaatopaikan perustusta ei ole osattu tehdä riittävän pitäväksi eikä suodosvesiä kerätä. Vanhoille kaatopaikoille on aikoinaan lisäksi kertynyt lajittelematonta jätettä, mukana ongelmajätteeksi luokiteltavaa jätettä. Kuten Myllypuron tapauksesta tiedetään, jo suljetuista ja peitetyistä kaatopaikoista saattaa tulla vielä kaasumaisiakin päästöjä pitkien aikojen kuluttua kaatopaikan peittämisestä. Siellä vielä vuosien kuluttua jätteestä vapautuu syaanivetyä ja rikkivetyä. Asuntojen sisäilmasta Myllypurossa ei aineita todettu enempää kuin vertailukohteissa, mutta asukkaiden joukossa astman ja syövän esiintyvyys olivat jonkin verran kohonneita verrattuna muuhun vastaavaan väestöön (Pukkala ja Pönkä, 2001). Kuten tunnettua, väestö siirrettiin alueelta ja asuinrakennukset purettiin.

Kaatopaikat sijoitetaan nykyään harkitummin, suodosvedet kerätään ja puhdistetaan (VNp 861/1997), joten pohjaveden saastumisriski on pienempi. Määräykset kaatopaikoille vietävästä jätteestä ovat vielä kiristymässä. Pohjaveden saastumisongelma silti säilyy suurimpana kemiallisena ympäristöterveysriskinä.

Kaatopaikkavesien muodostumiseen ja ominaisuuksiin vaikuttavat monet tekijät. Suodosvesien koostumus muuttuu kaatopaikan iän myötä. **Kaatopaikkojen suodosvesistä** voidaan todeta monenlaisia kemiallisia aineita, metalleja ja orgaanisia yhdisteitä. Suomessa 1990-luvun taitteessa tehdyissä analyyseissä kaatopaikkavesistä on todettu mm. neutraaleja aromaattisia hiilivetyjä (mm. bentseeni, naftaleeni), halogenoituja alifaattisia hiilivetyjä, halogenoituja bentseenejä, kloorifenoleja, pestisidejä, herbisidejä, ftalaatteja ja PCB:tä pieninä pitoisuuksina (Martinen ym., 2000). Maksimipitoisuudet useille aineille ovat olleet kymmeniä-satoja µg/l ja vedet ovat olleet akuutisti toksisia ekotoksisuutta mittaavissa testeissä. Äskettäin valmistuneessa pohjoismaisessa tutkimuksessa Ämmäsuon kaatopaikan suodosvedessä todettiin myös perfluorattuja PFAS-yhdisteitä (Kallenborn ym., 2004). *Jatkuva säännöllinen pohjaveden laadun seuranta kaatopaikkojen läheisyydessä on oleellista, jotta veden käyttöä voidaan tarvittaessa rajoittaa.*

#### 8.4.3. Huoltoasemat, autokorjaamot

Lukumääräisesti eniten on tontteja, jossa käsitellään polttoaineita (moottoribensiini, dieselpolttoaine) ja **öljyjä** (polttoaineen jakeluasemat, auto- ja muut korjaamot). Vaikka varsinaisia vuotoja maaperään ei tapahtuisi, nesteitä jatkuvasti käsiteltäessä vuosien ajan ja runsaan liikenteen seurauksena maa vähitellen saastuu paikoin öljyllä. Polttoaine liikkuu maaperässä helposti ja pääsee pohjaveteen. Toisaalta se on helposti vedestä aistittavissa (haju, maku), joten saastunutta vettä ei juoda, eikä aineille siten altistuta merkittävästi. Suurin ongelma on pysyvä vesilähteen saastuminen, koska päästöt syvälle saastuneesta maaperästä jatkuvat.

Bensiinissä lisäaineena oleva **metyyli-tertiääri-butyylieetteri (MTBE)** on erityisen ongelmallinen aine, koska se kulkeutuu nopeasti pohjaveteen ja biohajoaminen on hidasta. MTBE säilyy pohjavedessä ja aiheuttaa pitkäkestoisen ongelman. Jo hyvin pieni ainemäärä riittää pilaamaan pohjaveden. Vesi on juomakelvotonta pahan maun (makukynnys n. 40 µg/l) ja hajun vuoksi (hajukynnys n. 15 µg/l) ja tämä on useimmiten suurin haitta. MTBE ei ole kovin toksinen aine eikä todennäköisesti aiheuta terveysriskiä pitoisuuksina, jona sitä useimmin esiintyy pohjavedessä maan saastumisen yhteydessä. Pääkemikaali bensiini aiheuttaa luultavasti isomman riskin. Veden paha maku ja haku estää altistumisen hyvin suurille pitoisuuksille. Pohjavedestä on mitattu MTBE:tä enimmillään jopa 330 000 µg/l. MTBE pääsee maaperään säiliöiden ylitäytön ja vuotojen yhteydessä. Sitä höyrystyy hieman ilmaan tankkauksen yhteydessä ja noin 2.5 % bensiinin MTBE:stä on arvioitu pääsevän palamattomana auton pakokaasuun (Gustafsson ja Taipale, 2003). Maan pilaantuminen bensiinillä tulisi pyrkiä estämään ennakolta. Erityisen tärkeää se on pohjavesialueilla.

#### 8.4.4. Ampumaradat

Suomessa on n. 2000 ampumarataa ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)). Niistä kolmannes sijaitsee pohjavesialueella, osa aivan vedenottamon vieressä. Osa ampumaradoista on jo lopettanut toimintansa, mutta alue odottaa puhdistusta. Ympäristöviranomaisten selvityksen mukaan arviolta 5 % ampumarata-alueista tarvitsisi kiireistä selvitystä saastumisen aiheuttamista riskeistä ja maaperän kunnostustarpeesta. Ampumaratojen perusongelma on maaperään päätyvä **lyijy**. Maaperässä voi olla muitakin metalleja (antimoni, kupari, sinkki, nikkeli). Lyijystä suurin osa on karkeassa muodossa (haulit, luodit). Lyijykappaleista liukenee lyijyä veteen ja leviää syvemmälle maaperään. Pohjaveden saastuminen on suurin riski ja saastumistapauksia on Suomessa todettu. Lyijy ei muussa muodossa ampumaradoilta ole merkittävä ongelma niin kauan kun alueeseen

ei kosketa. Aktiivisessa käytössä olevalla ampumaradoilla ei tarpeettomasti liikuta eivätkä lapset siellä leiki, joten muu altistuminen on vähäistä.

Jo käytöstä poistetuilla ampumaradoilla kasvavissa sienissä ja marjoissa on epätavallisen paljon lyijyä, mutta alueet ovat pieniä, eivätkä tyypillisiä marjastus- ja sienestysmaita. Jo käytöstä poistetut ampumaradat olisi kuitenkin merkittävä riittävän selvästi (esimerkiksi aitaus), että sinne ei eksy ainakaan näissä asioissa vahingossa.

Ampumaratoihin liittyy meluhaitta, mutta siihen liittyvät ongelmat eivät kuulu tämän selvityksen piiriin.

#### 8.4.5. Kauppapuutarhat

Ammattimaisia kauppapuutarhoja on ollut Suomessa vuosituhatien vaihteessa n. 2700 ja niiden yhteinen kasvihuonepinta-ala 489 hehtaaria. Kauppapuutarhoja on lakkautettu tasaisesti ja niiden maa-alueita otettu uuteen käyttöön. Kasvihuoneiden pohjat ovat potentiaalisesti saastuneita maita, mutta kasvihuoneiden multa myös aktiivisen toiminnan aikana mahdollinen saastelähde. Kasvihuoneissa käytetään säännöllisesti **torjunta-aineita**, vähemmän kuin lämpimämmissä maissa, mutta enemmän pinta-alaa kohti kuin peltoviljelyssä. Suomessa käytetään kasvihuoneissa alle 10 000 kiloa tehoainetta vuodessa (120 eri ainetta, vajaat 0.5 % kokonaismäärästä, Jaakkonen, 2004). Osa tehoaineista on hyvin pysyviä, vesiliukoisia ja maaperässä liikkuvia. Torjunta-aineita pohjavedessä on todettu enenevässä määrin (kappale Juomavesi, luku 3.3.5), mukana aineita, joiden käyttö on jo pitkään ollut kiellettyä. Torjunta-aineina on vuosisadan alkupuolella käytetty myös epäorgaanisia yhdisteitä (kupari-, arseeni-, elohopea-, sinkki- ja lyijy-yhdisteitä), joten vanhojen kasvihuoneiden maaperä voi olla saastunut myös **raskasmetalleilla**.

Toistaiseksi on tutkittu pääasiassa pinta-alaltaan pieniä, jo toimintansa lopettaneita puutarhoja. Tilannetta keskisuurten ja suurten puutarhojen osalta tilannetta ei tiedetä ja niiden torjunta-aineiden käyttö voi olla erilaista. *Koska jo aloitetut tutkimukset viittaavat lisääntyviin pohjaveden saastumisongelmiin torjunta-aineilla, kasvihuoneet ja niihin liittyvä torjunta-aineiden käsittely ja käyttö olisi syytä selvittää perusteellisemmin myös tutkimuksen keinoin yhtenä potentiaalisena ainelähteenä.* Torjunta-aineiden käsittely ja käyttö kasvihuoneissa muodostavat ensisijaisesti työperäisen altistumis- ja terveysriskin. Käytössä ovat varoajat ja kuluttajat eivät altistu. Pohjaveden pilaantuminen torjunta-aineilla kasvihuoneista on syytä yrittää estää ja siihen voi olla torjunta-ainevalintojen lisäksi myös teknisiä ratkaisuja.

#### 8.4.6. Muut kemikaalit

Suomessa on todettu muutama tapaus, jossa pesulasta on päässyt aikaa myöten kuivapesuun käytettyä **trikloori- ja tetrakloorieteeniä** maaperään ja pohjaveteen. Aineet liikkuvat helposti maaperässä ja ovat siksi päässeet pohjaveteen saakka. Ne on tunnistettu vasta kemiallisessa analyysissä (ei tunnistettavissa hajusta tai mausta) ja siten huomaamaton altistuminen on mahdollista. Kaikkiaan teollisesta toiminnasta kemikaalien on toistaiseksi suhteellisen harvoin todettu saastuttaneen pohjaveden. *Ottaen huomioon pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärän meillä on hyvin todennäköisesti vielä tunnistamattomia pohjavesiä, joissa on kohonneita pitoisuuksia epäpuhtauksia.* Tilanne ei myöskään ole stabiili vaan epäpuhtauksien liikkuminen maaperässä vie aikansa ja saasteet voivat ilmaantua vuosien kuluttua pohjaveteen, vaikka maan pilaantuminen on jo päättynyt. Tästä syystä hyvin saastuneiden maiden puhdistuksen priorisointi esimerkiksi juomaveden ottamoiden läheisyydessä on tärkeää.

#### 8.4.7. Rakennusmateriaalit

Takavuosien perintönä Suomessa on rakennusmateriaaleja, jotka voivat saastuttaa maata. Asbesti on ollut ympäristöongelmana louhintapaikalla esimerkiksi Tuusniemellä, mutta saastuneet maa-alueet on siellä peitetty puhtaalla maalla kunnostus- ja ympäristötoimenpiteiden yhteydessä. Asbesti ei ole kuitenkaan varsinaisesti pilaantuneen maan vaan työterveysongelma, purkutöiden osalta edelleen.

Vanhoissa kerrostaloissa on vielä elementtien sauma-ainetta, mikä sisältää **PCB:tä** (polysulfidisauhausmassa). Tämä muodostaa asteittain poistuvan työterveysriskin mutta pysyvämpiluonteisen ympäristöterveysongelman. Asia havaittiin vasta 1997-1998. PCB-pitoista sauma-ainetta (pitoisuus 5-30 %) on käytetty Suomessa elementtien välien tiivistämiseen, pääasiassa ulkosaumoissa, ainakin vuoteen 1973 asti, ei kuitenkaan ainoana saumasauhausmassana (Priha ym. 2002). Massa on sisältänyt kovettimena myös lyijyoksidia. Rakennuksia on ollut alun perin arviolta 10 000, pääasiassa asuin- ja kerrostaloja, mutta niistä yli 80 % on jo saumattu uudelleen puhtaalla massalla (Priha ym. 2002). PCB-pitoisen saumasauhausmassan poistoa ja vaihtoa on tutkittu työterveyskyselyjen ja todettu, että työssä altistutaan PCB:lle hiontapölyssä ilman asianmukaista suojautumista (veren PCB-tasot 3-5-kertaiset). Työ on nykyään ohjeistettu työntekijöiden altistumisen estämiseksi.

Ongelmaa tutkittaessa on todettu, että saumasauhausmassojen PCB- ja lyijypitoinen hiontapöly tulee sisälle huonetilaan, ellei sen pääsyä suojauksella estetä. Sisällä olevat asukkaat ovat tällöin vaarassa altistua. Täydellinen sisätilojen siivous saumasauhausmassanvaih- to-operaation jälkeen on tärkeää. PCB irtoaa massasta aikaa myöten, valuu sadeveden

mukana maahan ja saastuttaa maata talon seinustalla. Pitoisuus maaperässä on korkein aivan seinän vieressä ja laskee gradientinomaisesti n. 2-3 metrin matkalla (Priha ym., 2002). Korkeimmat todetut PCB-pitoisuudet aivan seinävieressä ovat olleet yli 50 mg/kg ja tasoa 5-10 mg/kg lähimmän metrin etäisyydellä. Pitoisuudet ylittävät PCB:n SAMASE-ohjearvon (0.05 mg/kg, Assmuth 1997) ja myös raja-arvon (0.5 mg/kg) ja pahimmillaan ongelmajätteen raja-arvon (50 mg/kg). PCB ilmeisesti sitoutuu voimakkaasti humukseen, eikä kulkeudu mittausten mukaan helposti jalkineissa edemmäksi. Prihan ym. (2002) tekemien riskilaskelmien perusteella (eri altistumisreiteistä lähtien) talon asukkaille ei pitäisi kuitenkaan aiheutua terveysriskiä. Ravinnosta saadaan enemmän PCB:tä kuin tässä yhteydessä. Asukkaiden veren PCB-pitoisuudet eivät myöskään olleet koholla. PCB-yhdisteet on luokiteltu syöpävaarallisiksi aineiksi, mutta niiden todennäköisempänä haittana pidetään kuitenkin immunotoksisuutta, jos altistuminen on riittävää.

Ympäristöministeriö on antanut ongelmaan liittyen suositukset lasten hiekkalaatikoiden ja leikkipaikkojen siirtämisestä pois rakennusten seinustalta sekä ihmisten muunkin oleskelun ja toiminnan ohjaamisesta etemmäksi istutuksiin ja rakentein. Rakennusten seinustoilla ei suositella myöskään kasvatettavaksi syötäviä kasveja. Maan saastuminen PCB:llä kyseisissä kohteissa on huomioitava aina sitä kaivettaessa. Tämä PCB-ongelma ymmärretään karkeasti kokonaisuutena ja suositukset riskiä vähentävistä toimenpiteistä on annettu. On epäselvää, onko kaikki riskikohteet tunnistettu, jotta varotoimenpiteet osataan toteuttaa. Talon asukkaiden olisi hyvä myös itse tietää ongelmasta, jotta altistumista voidaan tietoisesti välttää. Lyijy tässä yhteydessä ei ilmeisesti ole erityinen ongelma (pitoisuudet korkeintaan hieman taustapitoisuuksia suurempia). Vaikka sitä on todettu hiontapölystä huoneiden sisältä, maaperässä talojen seinustalla ei ole hälyttäviä pitoisuuksia (Priha ym., 2002).

**Lyijymaalien** (lyijyvalkoinen) käyttö sisätiloissa on kielletty Suomessa jo v. 1929, mutta puurakennusten ulkopintoja (seinät, ikkunanpuitteet) on maalattu lyijypitoisilla maaleilla ainakin 1960-luvun alkuun asti. Lyijyvalkoisen ja -sulfaatin käyttö on ollut kokonaan kiellettyä vuodesta 1991 lähtien. Niinpä vanhoissa puurakennuksissa saattaa vielä olla ulkopinnoilla lyijypitoista maalia välikerroksina. Päällemaalattuna ne eivät aiheuta ongelmia mutta lyijy leviää ympäristöön, jos maalikerrokset raaputetaan pois. Tämä riski olisi syytä myös nykyisten rakennusten omistajien tiedostaa. Maa rakennusten seinustoilla on jo aikoinaan (kun lyijymaalipinta on ollut ulkopinta) saastunut lyijyllä 2-3 metriin saakka ja ellei maata ole vaihdettu, lyijy on maaperässä edelleen. Tällaisten rakennusten seinistä on mitattu lyijyä 4900-150 000 mg/kg ja maaperästä jopa 2000-5000 mg/kg olevia pitoisuuksia (pitoisuudet kuitenkin yleensä alle 500 mg/kg pilottiluonteisessa selvityksessä, Priha ym., 2003). Korkeimmat pitoisuudet maassa johtunevat juuri maalin poistosta jossakin vaiheessa ennen seinän uu-

delleenmaalausta. Todetut lyijyn huippupitoisuudet maaperässä ovat korkeita, maa on saastunutta (esimerkiksi lyijyn SAMASE-raja-arvo on 300 mg/kg) ja esimerkiksi lasten leikkiminen tällaisella maaperällä tulisi estää. Tämä lyijyongelma ja sen todellinen yleisyys (ongelmarakennukset ja maaperät) tunnetaan ilmeisen huonosti. Riskikohteet olisi tunnistettava ja niiden sijainnin ja käytön perusteella harkittava, onko maaperän puhdistus ja muut varotoimenpiteet tarpeellisia.

#### 8.4.8. Lämmitysöljysäiliöt

Suomessa on noin 300 000 lämmitysöljysäiliötä, niistä noin 250 000 pientaloissa. Osa niistä on 1960- ja 1970-luvuilta, jolloin säiliöiden ja niiden suojarakenteiden taso ja asennusmenetelmät eivät vielä vastanneet nykyistä. Vuosituhannen vaihteessa arviolta 65 % säiliöistä oli yli 20 vuotta vanhoja ja puolet tarkastamattomia (Huttula 2004). Kunnoltaan akuuteimpaan riskiryhmään on arvioitu ennen vuotta 1974 asennetut teräksiset öljysäiliöt, niiden korroosioriski. Vanhat maan alla olevat huonokuntoiset öljysäiliöt aiheuttavat vuotoriskin maaperään. Tämä on erityisen ongelmallinen pohjavesialueella ja sen välittömässä läheisyydessä. Öljyvuotoa ei heti huomata ja vahinko pääsee tapahtumaan. Pohjavesi on vaarassa saastua, jos öljy pääsee pohjaveteen saakka.

Voimassa olevien säännösten mukaan tärkeällä pohjavesialueella oleva maanalainen öljysäiliö on tarkastettava määräajoin, mutta pakollinen tarkastusvelvoite ei koske tällaisen alueen ulkopuolisia säiliöitä. Vastuu säiliön kunnan tarkastuksesta on kiinteistön omistajalla. Öljysäiliöiden kuntoa Suomessa on tutkittu äskettäin myös tutkimushankkeena. Jo ennestään vanha huonokuntoinen säiliö on suositeltu vaihdettavaksi uuteen ja lämmitysöljyn toimittajat on ohjeistettu tarkastamaan laitteiden kunto aina öljyntoimitusten yhteydessä (Huttula 2004). *Säiliöiden vuotoriskistä tulisi tiedottaa tehokkaasti öljylämmitystä käyttäviä, että säiliö ajoissa uusitaan.*

#### 8.4.9. Sedimentit

Sedimentti on vedenalaista, koko ajan kerroksittain syntyvää maata. Järvien ja jokien sedimenteissä on hyvin monenlaisia kemikaaleja. Sedimentti on varasto, josta ainetta liukenee veteen, kunnes se hautautuu aikaa myöten syvempiin kerroksiin. Kertyäkseen sedimenttiin aineen on oltava varsin pysyvä. Sedimentin iästä ja pitoisuusgradien-teista voidaan päätellä päästöjen historiaa, ajoittaa ajankohtaa ja päästölähteen sijaintia. Suomessa on tutkittu usean ympäristökysymyksen selvityksen yhteydessä myös sedimenttejä. **Dioksiinia** on todettu sedimenteissä Kymijoella ja sen jokisuussa Suomenlahdella, **kloorifenoleita** Valkjärvestä Kärkölässä ja **tributyylitinaa** satamaltaassa Vuosaaressa. Lähes poikkeuksetta entisten sahojen ympäristössä epäpuhtauk-



sia löytyy myös sedimentistä. Sieltä löytyy koko ajan myös uusia aineita, kuten perfluorattuja aineita (PFAS) jätevesilaitoksen alapuolelta Helsingissä. On ilmeistä, että sedimenttiin hautautuneet aineet eivät aiheuta altistumista, ellei niitä pöyhitä esille. Sedimentissä olevat aineet ovat hankala, usein tiedostamaton varasto sekoittumaan uudelleen veteen, jos sedimenttiä sekoitetaan. Sedimentin kaivaminen saa jo kertaalleen hautautuneet aineet uudelleen liikkeelle.

#### 8.4.10. Maiden kunnostus ja siihen liittyvät riskit

Pilaantuneet maat ovat useimmiten isoja massoja kunnostettavaksi. Saastuneimmat maat puhdistetaan ja vähemmän saastuneet osat kapseloidaan sellaisenaan pysyvään säilytykseen. Työperäinen altistuminen pölylle on merkittävämpää kuin muu ympäristöaltistuminen tässä yhteydessä, erityisesti jos maan pölyäminen estetään kuljetusten yhteydessä.

Pilaantuneen maan kapselointiin liittyy riski, jonka todennäköisyys ei ole kuitenkaan tarkkaan tiedossa. Maan kapseloinnista ei ole vielä vuosikymmenten kokemusta. Jos kapseli vuotaa, pohjavesi on vaarassa. Suodosvedet ehjistä kapselista kerätään jo nyt talteen. Suurten maamassojen käsittelyyn ei ole kuitenkaan paljoa vaihtoehtoja. Peittäminen pois näkyvistä mahdollisimman lyhyin kuljetusmatkoin on järkevä vaihtoehto vähemmän pilaantuneille maille. Pilaantuneiden maiden kapselit olisi merkittävä niin hyvin, että niihin ei missään tilanteessa kosketa vahingossa. Tarkistetussa valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuoteen 2005 korostetaan pilaantuneen maan ensisijaisesti paikallista käsittelyä.

### 8.5. Pilaantuneisiin maihin liittyvä terveysriskinarvio

Kuten jo on todettu, pilaantuneille maille ei ole olemassa lainsäädännöllisiä ainekohtaisia terveysperusteisia enimmäispitoisuusraja-arvoja. Yleispätevän raja-arvon asettaminen olisi vaikeaa, koska paikalliset olosuhteet (mm. maaperän koostumus jne.) vaikuttavat aineiden liukoisuuteen, liikkuvuuteen ja altistumiseen. Käytännössä terveysriskin arvio on perustettava mahdollisimman luotettavaan altistumisen arvioon (jota ei voi suoraan päätellä maaperän haitta-ainepitoisuudesta) ja sitä on verrattava muihin tunnettuihin altistumisskenaarioihin ja sen haittavaikutuksiin. Tarkat mittaustulokset altistumistilanteesta (esimerkiksi pitoisuus pohjavedessä) tarkentavat arviota. Tehtävä on helpompi aineille, joille altistutaan myös muuten (esimerkiksi sinkki ravinnossa) tai josta on runsaasti ennestään altistumis-vaikutustietoa (lyijy, arseeni) kuin aineille, joista ei ole juuri mitään tietoa. Kaikissa tilanteissa maa-aines on hankala altistuksen lähdematriisi. Lopullisessa riskinarviossa altistumisen epävarmuus tulisi huomioida ja painottaa se todennäköisimpiin vaihtoehtoihin. *Pilaantuneiden maiden terveysriskien*

*arviointiin liittyy paljon epävarmuutta ja siihen liittyvää riskinarviometodiikkaa olisi syytä kehittää. Vaikka riski useimmiten olisi vähäinen, sen luotettavampi toteaminen poistaisi asiaan liittyvää epävarmuutta.*

## **8.6. Yhteenveto**

Pilaantuneet maat on merkittävä mutta hankala, vielä osittain tuntematon ympäristöterveyskysymys. Pilaantuneita alueita on maassamme paljon, suurin osa keskellä asutusta. Maaperä pysyy pilaantuneena ja muodostaa muuttuvan uhkan kunnes se puhdistetaan. Maaperä on altistuksen lähdematriisina vaikeasti ennustettava, koska mm. maaperän laatu vaikuttaa aineiden pysyvyyteen ja liikkuvuuteen. Useimmat kemialliset aineet pidättyvät maa-ainekseen, mikä ainakin hidastaa niiden liikkuvuutta.

Suurin ympäristöterveysriski liittyy juomaveden saastumiseen. Tilanne on hankalin silloin, kun juomavetenä käytetty pohjavesi saastuu ja vettä juodaan vuosikausia ennen kuin asia huomataan. Pahimmillaan tuhannet ihmiset altistuvat kroonisesti ja siitä voi seurata pitkäaikaisvaikutuksia. Tästä syystä juomavesien kemikaalipitoisuutta tulisi säännöllisesti seurata pilaantuneen maa-alueen ympäristössä.

Pilaantuneesta maasta altistuminen pölyhiukkasissa hengitysteitse on hyvin paikkakohtaista ja vaihtelevaa. Altistuminen tätä kautta ei ole suurin riski. Suora kontakti saastuneeseen maahan (kädet) ja epäpuhtauksien joutuminen suuhun on merkittävämpi riski. Erityisesti maassa ryömivät ja leikkivät pienet lapset altistuvat pääasiassa tässä yhteydessä epäpuhtauksille ja he ovat myös terveysvaikutusten osalta riskiryhmä.

Toimintojen huolellinen suunnittelu pilaantuneiden maiden syntymisen ennalta ehkäisemiseksi on tärkeää. Se pitää sisällään myös maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen. Potentiaalisesti ongelmia aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ympäristöterveysriskit on huomioitava jo kaavoitusvaiheessa.

## **8.7. Yhteenveto pilaantuneita maita koskevista suosituksista**

*Pohjaveden saastuminen on merkittävin pilaantuneisiin maihin liittyvä ympäristöterveysriski. Jos pilaantuneen maan lähiympäristön pohjavettä käytetään juomavetenä tai sitä kulkeutuu vedenottamoon, juomavedestä tulisi säännöllisin välein analysoida pilaantuneessa maassa olevat tai olleet ongelma-aineet altistumisen estämiseksi.*

*Pilaantuneen maan aluetta ei tulisi käyttää lasten leikkikenttänä ennen pintamaiden vaihtoa puhtaaksi, koska lapset altistuvat epäpuhtauksille likaisten käsien välityksellä.*

*Pilaantuneiden maiden terveysriskien arviointiin liittyy paljon epävarmuutta, koska altistuminen on usein paikka- ja olosuhdekohtaista. Kategorisia terveysperusteisia raja-arvoja ei ole eikä niiden soveltaminen välttämättä johtaisi parhaaseen lopputulokseen.*

*Riskinarviometodiikkaa tulisi kehittää epävarmuudet paremmin huomioivaksi. Tähän tarvitaan myös tutkimusta, jo todettujen tapausten analyseja uudella näkökulmalla.*

*Kemikaaliohjelman puitteissa olisi syytä selvittää yksityiskohtaisemmin, onko jätelietteessä muita potentiaalisia kemiallisia aineita kuin raskasmetallit, joiden pääsyä viljeltävään peltoon tulisi seurata. Sikäli kuin tällaisia aineita todetaan, niiden kertymisestä syötäviin kasveihin tarvitaan myös tietoa ihmisten altistumisen arvioimiseksi. Myös jätelietteen kompostimullan käyttö tulisi harkita samasta näkökulmasta.*

*Vanhojen puurakennusten ulkoseinämaalien sisältämä lyijy on jo saastuttanut rakennusta ympäröivää maata ja muodostaa merkittävän lisäuhkan, jos maalikerrokset poistetaan maaperään. Maaperä saattaa olla siinä määrin saastunutta, että esimerkiksi lasten ei pitäisi siinä leikkiä. Tämä riski ja riskikohteet on ilmeisen huonosti tunnettu ja asia edellyttäisi lisäselvitystä.*

## Kirjallisuutta

- 282/1994 Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä
- 364/1994 Valtioneuvoston päätös pohjavesien suojelemisesta eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden aiheuttamalta pilaantumiselta
- 861/1997 Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista
- 4.2.2000/86 Ympäristönsuojelulaki
- 18.2.2000/169 Ympäristönsuojeluasetus

Assmuth T. Selvitys ja ehdotuksia ympäristövaarallisten aineiden pitoisuuksien ohjearvoista maaperässä: tiedolliset perusteet, määrittelyperusteet, soveltaminen, kehittäminen. Suomen ympäristökeskus 1997, moniste 92, 56 s.

Gustafsson J, Taipale T. MTBE:n aiheuttamien pohjavesiriskien hallinnasta. Vesitalous 2003;1:7-9.

Huttula P. Vanhat huonokuntoiset öljysäiliöt tulee uusia. Ympäristö ja Terveys 2004;35(2-3):59-63.

Jaakkonen S. Entisten kauppapuutarhojen maaperä ja maankäytön muutokset. Ympäristö ja Terveys 2004;35(2-3):76-79.

Kwon E, Zhang H, Wang Z, Jhangri GS, Lu X, Fok N, Gabos S, Li XF, Le XC. Arsenic on the hands of children after playing in playgrounds. Environ Health Perspect. 2004 Oct;112(14):1375-80.

Lampi P. Population health after long-term chlorophenol exposure [Dissertation]. Publications of the National Public Health Institute A1/1996.

Marttinen S, Jokela J, Rintala J, Kettunen R. Jätteiden hajoaminen kaatopaikalla sekä kaatopaikkavesien muodostuminen, ominaisuudet ja käsittely. KAATO 2001 -hanke, kirjallisuuskatsaus 20.6.2000.

Priha E, Järvinen S, Vaajasaari K. Lyijyn esiintyminen rakennuksissa ja niiden ympäristössä. Ympäristö ja Terveys 2003;34(9):39-44.

Priha E, Rantio T, Hellman S. PCB elementtirakennusten saumoissa ja piha-alueilla. Ympäristö ja Terveys 2002;33(9):26-30.

Pukkala E, Pönkä A. Increased incidence of cancer and asthma in houses built on a former dump area. Environ Health Perspect. 2001;109(11):1121-1125.

Tilastokeskus. Vahvelainen S, Salomaa E. Tuotannon ja kulutuksen jätteet. Ympäristö ja luonnonvarat 2000:5.

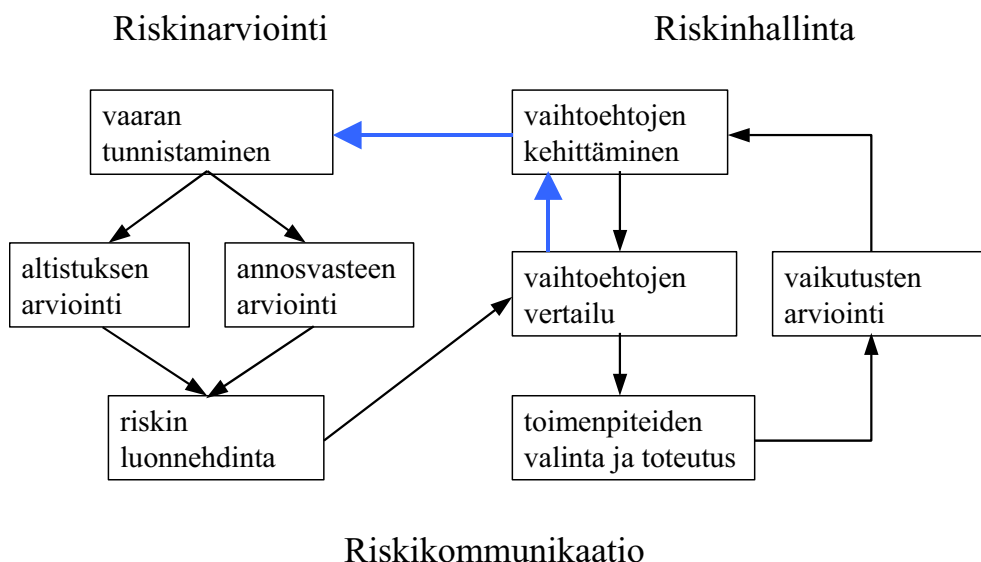
## 9 RISKINARVIOINTI, RISKINHALLINTA JA RISKIVIESTINTÄ

**Jouko Tuomisto**

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

### 9.1. Johdanto

Kemikaalien riskinarvioinnissa on 1980-luvulta alkaen noudatettu Yhdysvaltain National Academy of Sciencesin ja National Research Councilin viitoittamia periaatteita (NAS/NRC 1983), joiden mukaan riskinarviointi (risk assessment) erotetaan riskinhallinnasta ja päätöksenteosta (risk management).



Kuva 9.1 Riskinarvioinnin, riskinhallinnan ja riskistä tiedottamisen logiikka. Siniset nuolet eivät kuulu vakiintuneeseen riskinarviointimalliin, mutta palaute ja sen tuoma oppimisprosessi olisivat merkittävä edistys malliin

Tavoitteena on, että riskinarviointi olisi riippumaton tieteellinen prosessi, jossa ei tarvitse ottaa huomioon poliittisia ja taloudellisia realiteetteja. Nämä vuorostaan otetaan huomioon riskinhallinnassa, jossa myös tulee vertailla eri ratkaisuvaihtoehtoja ja nii-

den riskejä ja hyötyjä (sekä taloudellisia että mahdollisia terveydellisiä tai ympäristölle jne. koituvia hyötyjä). EU on omaksunut pitkälle samantyyppisen ajattelutavan (EY direktiivi 93/67/EEC). Kolmantena tärkeänä alueena on riskistä tiedottaminen (risk communication).

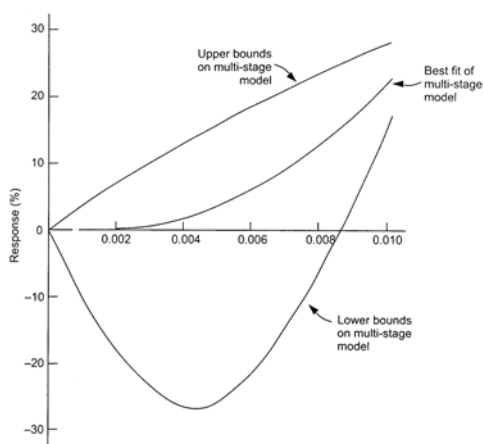
Riskinarviointi jaetaan vaaran tunnistamisvaiheeseen (hazard identification), riskin kvantitatiiviseen arviointiin (annos-vasteen arviointiin ja altistuksen arviointiin) sekä näiden pohjalla tehtyyn riskin luonnehdintaan (risk characterization) (Kuva 9.1). Vaara eli riskipotentiaali voidaan tunnistaa eläinkokeissa, epidemiologisten tutkimusten perusteella tai kliinisistä sairastumisista (myrkytykset, allergiat, sivuvaikutukset). Vaaralla (hazard) tarkoitetaan kemikaalin kvalitatiivista ominaisuutta, eli että se kykenee aiheuttamaan esim. maksavaurioita, sikiövaurioita tai syöpää. Seuraako vaaraominaisuudesta todellisuudessa myös riski, riippuu siitä, millaisilla annoksilla haittoja aiheutuu ja kuinka suurille annoksille ihminen altistuu. Vaara on siis kemikaalin laadullinen ominaisuus, riski on määrällisesti arvioitava suure, eikä vaaraominaisuus läheskään aina johda haitan toteutumiseen eli riski voi olla nolla. Suomen kielessä aiheutuu sekaannusta siitä, että englanninkielisille sanoille hazard ja risk ei ole vakiintuneita käännöksiä, ja sanaa vaara käytetään kummankin vastineina (esim. risk ratio = vaarasuhde). Sen takia tässä tekstissä käytetään sanaa riski.

## 9.2. Nykyisen riskinarviointitekniikan ongelmia

Kemikaalien riskinarviointi on kehittynyt etenkin ennakkohyväksyttävien kemikaalien hyväksymisprosessin osana (lääkkeet, torjunta-aineet, elintarvikkeiden lisäaineet). Tästä on aiheutunut prosessiin piirteitä, joista seuraa ongelmia sovellettaessa samoja periaatteita muihin kemikaaleihin, esimerkiksi ympäristössä luonnostaan esiintyviin kemikaaleihin. Riskinarvioinnin periaatteet perustuvat hyvin suuressa määrin eläinkokeiden vahvuuksiin ja heikkouksiin, ja viime aikoina on arvosteltu sitä, että ihmisestä saatuja tietoja käytetään huonosti hyväksi.

Eläinkokeiden ennustavuuden epävarmuuksien vuoksi riskinarvioinnista on muodostunut (erityisesti syöpäriskien osalta) hyvin varovainen prosessi, jossa systemaattisesti pyritään maksimoimaan riskin odotus mm. arvioimalla riskin yläraja (ns. upper bound), eikä todennäköisintä riskiä, sekä käyttämällä hyvin suuria turvallisuusmarginaaleja (Kuva 9.2). Tavoitteena on, että epävarmuuden vallitessa on parempi erehtyä turvallisuuden suuntaan. Tällöin päätöksentekijän on kuitenkin tärkeää tietää, **milloin arvio on tehty todeksi osoitettujen riskien perusteella ja milloin se on tehty varmuuden vuoksi täsmällisten tietojen puuttuessa** (Gargas ym, 1999). Muutoin päädytään väheksymään hyvin selvitettyjä varmoja riskejä (esim. organofosfaattimyrkytyksistä kasvihuoneissa aiheutuvat kuolemantapaukset) ja liioittelemaan huonosti

tunnettuja ja vaikeasti arvioitavia riskejä (esim. DDT:n väitetystä syöpävaarallisuudesta aiheutuvat kuolemantapaukset).



Kuva 9.2. Annosvaste, jossa on kuvattu paras syöpäriskin ennuste "multistage"-mallin mukaan sekä 95 % luottamusrajat kumpaankin suuntaan ("lower bound" ja "upper bound"). Vaaka-akselilla annos, pystyakselilla vasteen suuruus (riski). Gargas ym 1999.

Tiukasta riskinarvioinnista ei ennakkohyväksyttävien kemikaalien osalta aiheudu yhteiskunnalle kovin suuria ongelmia, koska markkinoille pyrkivän kemikaalin hylkääminen ei aiheuta välitöntä vahinkoa muille kuin tuotteen valmistajalle. Tilanne on kuitenkin toinen ympäristön omien tai merkittävien jo pitkään käytettyjen kemikaalien osalta. Tämä on nähty Suomessa viime aikoina kiistoina suhtautumisessa kalan dioksiineihin. Itämeren silakassa on EU:n asettaman maksimipitoisuuden ylittävä määrä dioksiineja, mutta toisaalta kalan ravitsemuksellisesti terveelliset komponentit tekevät kyseenalaiseksi kalan käytön rajoittamisen dioksiinien aiheuttamien teoreettisten riskien takia. Maailman terveysjärjestö on myös johdonmukaisesti suosittanut lasten rintaruokintaa, vaikka äidinmaidon dioksiineista aiheutuu imeväselle suurempi altistus kuin aikuiselle normaalista ruoasta. Siten joissakin tapauksissa riskinhallintavaiheessa otetaan huomioon esim. muut terveydelliset seuraukset, mutta johdonmukaisesti näin ei tehdä.

#### 9.2.1. Riskistä tulee antaa paras arvio, ei maksimaalista arviota

Tilanteen selkiyttämiseksi onkin esitetty, että riskinarvioinnissa ei pitäisi maksimoida riskin odotusta, vaan tehdä paras arvio riskin suuruudesta ja määritellä sen epävarmuudet (jotka ovat joskus melko suuret). Tällöin riskinhallinnan asia olisi päätöksen teon yhteydessä ottaa kantaa siihen, kuinka suurta turvallisuutta haetaan ja kuinka suuria turvallisuusmarginaaleja käytetään. Tästä seuraisi riskinhallinnalle paljon aikaisempaa suurempi vastuu ja se edellyttää päätöksentekijöiltä huomattavasti suurem-

paa tieteellistä ammattitaitoa kuin nykyinen mekaanisesti riskinarviointiin painottuva riskinhallinta.

Realistisesti arvioitu riski (paras arvio) on edellytys sille, että riskejä pystytään vertaamaan muihin riskeihin ja myös hyötyihin. Jos riskien arviointi perustuu eläinkokeisiin (esim. dioksiinien syöpäriski), ja niissä on tuntematon määrä turvallisuusmarginaalia, ja toisaalta hyöty perustuu väestötutkimuksiin (esim. sydänkuolemien estyminen kalan omega-3-rasvahappojen ansiosta), haitat ja hyödyt eivät ole yhteismitallisia eikä niiden vertaamiseen ole mitään keinoa. Paras arvio riskistä (vaikka se olisi epävarmakin) sen sijaan antaa mahdollisuuden verrata parhaaseen arvioon hyödyistä.

Parhaan arvion esittäminen turvallisuusmarginaaleineen lisääisi myös riskianalyysin läpinäkyvyyttä. Monet epäselvyydet riskien ymmärtämisessä ja riskiviestinnän vaikeudet aiheutuvat siitä, että kansalaiset eivät tiedä, milloin puhutaan "**oikeista**" riskeistä ja milloin "**teoreettisista**" riskeistä, joissa voi olla sisäänrakennettuna 100 - 1000-kertainen turvallisuusmarginaali. Tästä aiheutuu silloin tärkeiden kansanterveydellisten riskien aliarvioiminen (ilmansaasteet, passiivinen tupakointi, radon, alkoholi) ja vähämerkityksisten riskien yliarvioiminen (torjunta-ainejäämät, lisäaineet). Käytetyn turvallisuusmarginaalin ilmoittaminen esim. raja-arvon yhteydessä parantaisi läpinäkyvyyttä.

#### 9.2.2. Varovaisuusperiaate ja sen soveltaminen

EU:n hallinnossa on lisääntyvässä määrin puhuttu varovaisuusperiaatteen (precautionary principle) käyttämisestä epävarmuuden vallitessa. Tällä tarkoitetaan sitä, että toimenpiteisiin on joskus tarpeen ryhtyä, vaikka haitasta ei ole täyttä varmuutta. Käsitteen tekee vaikeaksi se, ettei ole yhteistä käsitystä siitä, mitä se tarkoittaa. Periaatteen taustaksi esitetään usein saksalainen "Vorsorgeprinzip". Sitä on käytetty ennen muuta ympäristöhallinnossa, yksi varhaisimpia kansainvälisiä sovellutuksia oli Pohjanmeren suojelun ajaminen 1980-luvulla. YK määritteli varovaisuusperiaatteen vuonna 1992 Rion ilmastopöytäkirjassa oikeutena toimia, vaikka tieteellinen näyttö ei vielä ole sitova, jos seuraukset ovat vakavia tai palautumattomia (a justification to protect the environment while the scientific evidence is not yet conclusive, but serious or irreversible damage could be expected) (Rio Declaration 1992). Myös EY:n komissio on määritellyt kantansa **varovaisuusperiaatteen käyttöön** ja todennut, että **sitä käytetään nimenomaan riskinhallinnassa tieteellisen arvioinnin jälkeen** (EY 2000). Tällä tavoin muotoiltuna periaatteessa ei ole toksikologian kannalta uutta, esim. eläinkarsinogeneeneja on kohdeltu aina hallinnollisesti mahdollisina ihmiselle syöpävaarallisina aineina, vaikka näyttöä syöpävaarasta ihmiselle ei olisi ollut.



Varovaisuusperiaate on tullut viime vuosina ongelmalliseksi kahdesta eri syystä. Etenkin eräät kansalaisjärjestöt tähtäävät käänteiseen todistamistaakkaan, eli että varovaisuusperiaatteen mukaan kaikkea, mitä ei ole todistettu turvalliseksi, pidetään vaarallisena. Tätä on käytetty erityisesti uusien tekniikoiden kuten geenitekniikan vastustamiseen. Tällöin siis halutaan unohtaa se, että edellä kuvattu YK:n määritelmä edellyttää tieteellistä näyttöä (tai ainakin perusteltua todennäköisyyttä) vakavasta tai palautumattomasta vahingosta, vaikkakaan ei sitovaa näyttöä. Halutaan myös unohtaa se, että turvallisuuden osoittaminen, eli kaiken haitan puuttumisen osoittaminen, on loogisesti mahdotonta. Tällöin toimenpiteet tulisivat mielivaltaisiksi: kaikki, minkä joku ottaa erityisesti vastustettavakseen, tulee kielletyksi, koska sitä ei voida sitovasti osoittaa turvalliseksi. Tällöin siirryttäisiin tieteeseen perustuvasta riskinhallinnasta asenteisiin perustuvaan riskinhallintaan.

Toinen ongelma on käsitys, että varovaisuusperiaatetta voitaisiin käyttää jo riskinarviointivaiheessa. Tästä aiheutuisi juuri edellä kuvatun kaltaisia ongelmia: tietämystä todellisista riskeistä ei kertyisi, jos jo riskinarvioinnin menetelmiin sisällytettäisiin varovaisuusperiaatteita. Tämä johtaisi tietämättömyyden lisääntymiseen ja mielivaltaisiin ratkaisuihin. Siten rationaalinen varovaisuusperiaatteen käyttö on nimenomaan riskinhallintaan eikä riskinarviointiin kuuluva asia. **Varovaisuusperiaatteen käytön riskinhallinnassa tulee olla avointa ja läpinäkyvää, niin että päätöksestä käy selvästi ilmi, missä kohti ja miten sitä on käytetty.**

Varovaisuusperiaatteen taitamaton soveltaminen johtaa samaan ongelmaan kuin "konservatiivisen riskinarvioinnin" eli riskin maksimoinnin soveltaminen: varmoja ja hyvin osoitettuja riskejä päädytään väheksymään teoreettisten ja huonosti osoitettujen riskien kustannuksella. Tämä ei voi olla yhteiskunnan kannalta mielekästä toimintaa.

Varovaisuusperiaatteen soveltaminen mm. geeniteknologian sovellutuksiin sekä antimikrobisia aineita käyttäen kasvatettujen eläinten lihaan ja maitotuotteisiin on saanut etenkin amerikkalaiset syyttämään Euroopan Unionia protektionismista ja periaatteen käyttämisestä kauppapoliittisiin tarkoituksiin kaupan esteenä. Siten varovaisuusperiaatteen käytössä on monia sekä tieteellisiä, teknisiä että kauppapoliittisia ongelmia. Siksi sen määrittelyä ja sovellutuksia tulisi selventää.

### 9.2.3. Eläinkokeiden rooli riskinarvioinnissa

Kemikaalien, etenkin lääkkeiden, elintarvikelisiä aineiden ja torjunta-aineiden turvallisuus on perustunut suurelta osin koe-eläimillä suoritettuihin toksisuustutkimuksiin. Ylivoimaisesti tärkeimmät eläinlajit ovat olleet rotta ja hiiri. Muutamat keskeiset asiat

on edellytetty tutkittavan myös ei-jyrsijällä, joka on yleensä ollut koira tai eräissä tilanteissa kaniini.

Euroopan yhteisön REACH-ohjelmassa, jonka vetäjäksi suunnitellaan Helsinkiin perustettavaa EU:n kemikaalivirastoa, suunnitellaan tutkittavaksi ja arvioitavaksi noin 10 000 kemikaalia arviolta noin 30 000:sta Euroopassa yli tonnin määrinä käytetystä kemikaalista. Tutkimisvelvoite on aineen valmistajalla tai myyjällä. REACH-ohjelman luonnoksissa on kuitenkin asetettu myös toinen tavoite, vähentää olennaisesti eläinkokeita. On vaikea nähdä, kuinka kaksi keskenään näin ristiriitaista tavoitetta olisivat toteutettavissa yhtäaikaa.

Euroopan komission toksikologian ja ekotoksikologian tiedekomitea (CSTEE, Committee on toxicology, ecotoxicology and the environment) on arvioinut mahdollisuuksia luopua eläinkokeista, ja toteaa hyvin yksiselitteisesti tämän mahdolltomaksi useista eri syistä (CSTEE 2004). **Monimutkaisia systeemeitä (esim. syöpä, geneettiset taudit, lisääntymishäiriöt, allergiat, odottamattomat vaikutukset) ei voi tutkia ilman eläinkokeita.** Riskinarviointi sisältää sekä vaaran tunnistamisen että annosvastearvion, ja näistä vain vaaran tunnistamista voidaan tehdä in vitro.

CSTEE pitää myös eläinkokeiden kritiikkiä osin aiheettomana. Eläinkokeiden ennustearvoa on pidetty huonona, mutta huomiotta on tällöin jätetty, ettei yksi testi ratkaise. Itse asiassa käytetty testipatteristo on palvellut suhteellisen hyvin, ja epäonnistumisista usein esimerkkinä mainitut talidomidin kaltaiset onnettomuudet ovat itse asiassa olleet varsin harvinaisia (esim. talidomidikatastrofi sattui vv. 1959-61). Myös halutaan unohtaa, että näyttö in vitro testien luotettavuudesta on paljon vähäisempi ja heikompi kuin eläinkokeiden luotettavuudesta. In vitro-mallit eivät paljasta tuntematonta, vaan pitää jo olla selvillä, mitä haetaan. Tietokoneella voidaan mallittaa vain erittäin hyvin tunnettuja asioita, ei tuntemattomia. Monet tuskallisuutensa takia vastustetut testit (esim. LD50) ovat sitä paitsi jo jääneet pois käytöstä.

In vitro -testien kehittämisessä on selvästi oltu myös liian optimistisia. Esimerkiksi iho- ja silmä-ärsytyskokeiden tilalle on vuosia pyritty kehittämään ja validoimaan in vitro -testejä, mutta menestys tässäkin äärimmäisen yksinkertaisessa asiassa on ollut hyvin vaatimaton. Pääasiassa teollisuus käyttää in vitro -testejä esitesteinä seulontavaiheessa, minkään monimutkaisemmalla mekanismilla syntyvän haitan varmuudella tapahtuvaan tutkimiseen ei ole edes vuosien päässä odotettavissa luotettavia testejä varsin suurista ponnisteluista huolimatta.

Sen sijaan erilaiset in vitro ja biokemialliset menetelmät ovat räjähdysmäisesti lisääntyneet toksikologian mekanismien tutkimisessa, eli niillä on erittäin suuri merkitys eläinkokeiden **lisäksi** tapahtuvassa tutkimuksessa toksisuuden mekanismien parem-

man ymmärtämisen edistämisessä. Niitä tulee edelleen kehittää. Tällöin kyse on kuitenkin tutkimusmenetelmistä eikä rutiinimaisista testausmenetelmistä, ja innovatiivisia tutkimusmenetelmiä joudutaan koko ajan kehittämään tutkimuksen edistyessä, eikä niitä ainakaan lyhyellä aikavälillä voida standardisoida oman kapean käyttöalueensa ulkopuolelle turvallisuustesteiksi.

Johtopäätöksenä on, että mikäli kemikaaliturvallisuutta halutaan lisätä, eläinkokeet ovat täysin välttämättömiä ja niitä tulee kehittää. REACH ohjaa tulevaisuudessa toksisuuden tutkimusta myös muiden kemikaalien osalta. Jos REACH-ohjelma halutaan panna toimeen esitettyjen periaatteiden mukaisesti, se tulee lisäämään eläinkokeiden tarvetta selvästi. Siksi painopiste tulisi suunnata niiden kehittämiseen mahdollisimman tuskattomiksi (ns. 3R-periaatteen refinement tulisi priorisoida).

On myös muistettava, että **kemikaaleista jo olemassa olevan tiedon avoin ja saman aineiston mahdollisimman laaja käyttö** riskin arvioinnissa vähentää itse asiassa eläinkokeiden tarvetta. Tällä hetkellä samaa kemikaalia voidaan arvioida eri pohja-aineiston perusteella käyttötavasta ja hallinnonalasta riippuen, kuten esim. kosmetiikan kohdalla.

#### 9.2.4. Elinkaariajattelu riskinarvioinnissa

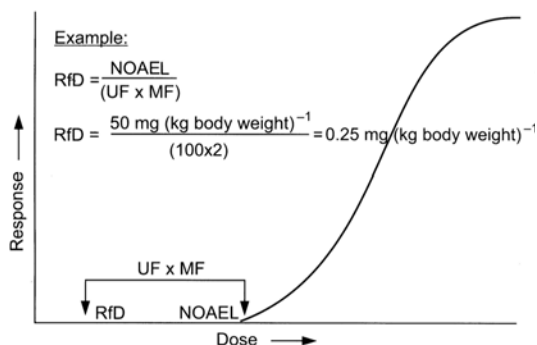
Elinkaariajattelulla tarkoitetaan sitä, että riskejä tai ympäristö- tai terveysvaikutuksia ei analysoida ainoastaan tuotteen (esim. bensiinin) välittömistä vaikutuksista lähtien, vaan arvioidaan koko sen elinkaaren aikana yhteensä kertyvä kuormitus (öljynpora, raakaöljyn kuljetus, bensiinin tuotanto öljynjalostuksessa, kuljetus huoltoasemille, pohjavesien saastumisriski huoltoasemien tankeista, terveysriskit bensiinistä esim. tankkauksen tai muun käsittelyn aikana, sekä pakokaasujen ympäristö- ja terveysvaikutukset). Elinkaariajattelu on hyödyllistä mm. siinä, että se voi paljastaa koko ketjun terveys- tai ympäristöriskien suuruuden verrattuna johonkin vaihtoehtoiseen kokonaisratkaisuun (esim. sähköjunalla kulkemiseen). Toisaalta elinkaarianalyysi on tavattoman suuri ja vaikea tehtävä, ja sitä pystytään käyttämään vain suhteellisen selkeiden elinkaariketjujen yhteydessä.

Ehkä hyödyllisimmillään elinkaariajattelu on siinä, että se voi paljastaa prosessien ja hallinnon sisäisiä ristiriitoja. Sektoroitunut päätöksenteko johtaa usein tilanteisiin, jossa jollakin sektorilla ollaan hyvin tarkkoja asiassa, jolla ei kokonaisuuden kannalta ole suurta merkitystä verrattuna toisella sektorilla tapahtuviin päätöksiin. Esimerkkinä voisivat olla hyvin tiukat raja-arvot dioksiineilla saastuneiden tonttimaiden käytössä, kun väestön dioksiinialtistus määräytyy lähes yksinomaan kalassa ja karjataloustuotteissa olevista, usein ilmalaskeumista peräisin olevista dioksiineista. Tällöin dioksi-

nien koko elinkaaren selvittäminen teollisuuden, energiantuotannon ja jätteenpolton päästöistä eri väliaineiden kautta tärkeimpään altistumisreittiin ravintoon antaa realistisen kuvan myös yksittäisten ketjun osien keskinäisestä merkityksestä.

#### 9.2.5. Riskinarviointia ja sen pohjana olevia tutkimusmenetelmiä tulisi parantaa

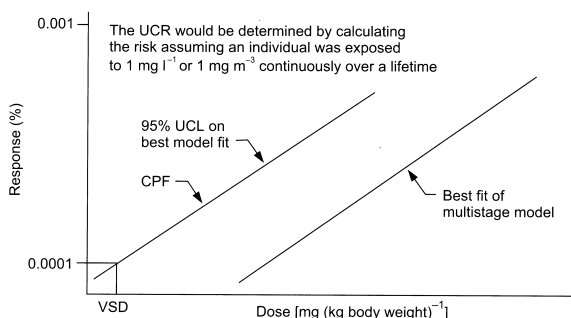
Nykyisessä toksikologiaan perustuvassa riskinarvioinnissa on käytetty kahta varsin erilaista tekniikkaa. Useimpien toksisten vaikutusten suhteen käytetään kynnysarvo-oletusta, eli ajatellaan vaikutuksen vähenevän nollaan tai merkityksettömäksi tietyn kynnysannoksen jälkeen (Kuva 9.3). Näitä kynnysarvoja käytetään kemikaalien saantiarvojen (ADI) ja enimmäispitoisuuksien (MRL) asettamisessa esim. torjunta-aineiden kohdalla. Pienintä annosta, jolla saadaan tilastollisesti merkitsevä vaste, kutsutaan LOAEL-arvoksi (lowest observed adverse effect level). Sitä pienempää annosta, jolla ei saada merkitsevää vastetta, kutsutaan NOAEL-arvoksi (no observed adverse effect level). NOAEL-arvosta lasketaan useimmiten satakertainen turvallisuusmarginaali, eli NOAEL-arvon sadasosaa pidetään turvallisena annoksena. Menetelmä on helppo ja suoraviivainen, mutta se on hyvin epätarkka, koska se perustuu yhteen ainoaan mielivaltaisesti valittuun annokseen ja perusteellisempi uusi tutkimus, jossa olisi suuremmat ryhmät ja enemmän annoksia, todennäköisesti tuottaisi alemman NOAEL-arvon. Kun se ei hyödynnä kuin yhden annoksen tulokset, se myös rohkaisee huonoihin tutkimuksiin. Siksi viime aikoina on käytetty myös ns. benchmark-tekniikkaa. Sovittu vaste, esim. 10 % maksimista valitaan benchmark-tasoksi, ja koko annosvasteikäyrää hyödyntäen lasketaan se annos, joka aiheuttaa benchmark-vasteen. Tällä lähestymistavalla on se etu, että se hyödyntää myös kokeen muut pisteet, mutta se lähtee edelleen kaavamaisesta esim. satakertaisesta turvallisuusmarginaalista.



Kuva 9.3. Kynnysarvoa käyttävän riskinarvioinnin periaate

RfD = reference dose  
UF = uncertainty factor  
MF = modifying factor

Toista hyvin erilaista riskinarviointitapaa on käytetty syöpävaarallisten aineiden arvioinnissa. Kun karsinogeenien ajatellaan vaikuttavan pieninäkin annoksina ja vain vasteen todennäköisyyden (mutta ei suuruuden) katsotaan vähenevän annoksen pienentyessä, ajatellaan vasteen ulottuvan kaikkiin annoksiin, jotka ovat suurempia kuin nolla. Tämän takia käytetään ns. lineaarista ekstrapolaatiota, eli syöpäriskin ajatellaan vähenevän samassa suhteessa kuin annoksenkin mutta ei enempää (Kuva 9.4). Tavoitteeksi voidaan sitten asettaa jokin ennalta sovittu syöpäriski, joka tulee alittaa, esimerkiksi yksi miljoonasta tai sadastatuhannesta elinaikana. Myös tämä arviointi on helppo ja suoraviivainen, mutta sekin käyttää vain yhtä ainoaa pistettä tuloksista, eli pienintä annosta, jolla on saatu tilastollisesti merkitsevä vaikutus.



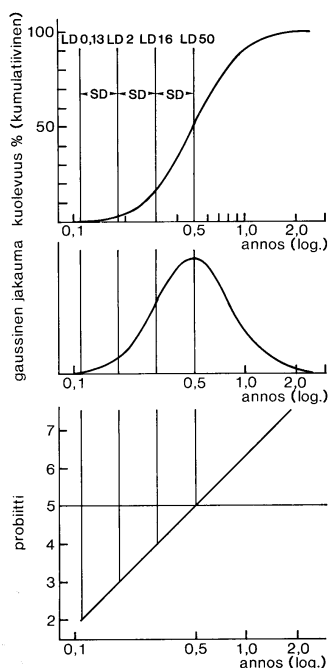
Kuva 9.4. Lineaarista ekstrapolaatiota käyttävän riskinarvioinnin periaate.

UCL = upper confidence limit

UCR = unit cancer risk

VSD = virtually safe dose

On erittäin todennäköistä, että kumpikin edellä esitetty arviointitapa on karkea yleisty. Ei ole olemassa tarkkaa rajaa, jossa toksisuus loppuisi, joten kynnysarvo on vastoin empiiristä kokemusta. Toisaalta suurin osa syöpätesteistä viittaa siihen, että syöpäriskin annosvaste ei olennaisesti poikkea muiden toksisten vaikutusten annosvasteesta. Siten olisi järkevää etsiä yhteistä tapaa arvioida kaikkien kemikaalien annosvaste ja siten arvioida kaikki toksisuuden muodot samalla tavalla. Nykyinen ero perustuu puhtaasti hypoteettisiin ajatuksiin siitä, että mekanismeissa olisi perustavaa laatua oleva ero.



Kuva 9.5. Toksisuuden ilmenemistä usein hyvin kuvaava log-normaali (gaussinen) jakauma ns. sigmakäyränä, normaalijakautumakäyränä ja probiittimuunnoksen jälkeen lineari-soituna.

Yksinkertaisin tapa olisi ajatella riskiä populaatoriskinä. Eri yksilöt reagoivat eri syistä eri tavalla toksisiin aineisiin, ja annosta suurennettaessa reagoivien lisääntyvää lukumäärää voidaan kuvata sigmakäyrällä (Kuva 9.5), kun annos ilmaistaan logaritmiasteikolla. Toisella tavalla esitettynä tämä yksilöiden herkkyys populaatiossa voidaan kuvata normaalijakautumana. Normaalijakautumalle voidaan laskea keskihajonta (SD), joka kuvaa sitä, kuinka paljon yksilöiden välinen herkkyys vaihtelee. Yhden keskihajonnan alapuolelle jää 16 % populaatiosta, kahden keskihajonnan alapuolelle jää 2 % populaatiosta ja niin edelleen. Keskihajonnan kerrannaisten käyttäminen turvallisuusmarginaalina olisi luotettavampaa kuin kaavamaisen satakertaisen turvallisuusmarginaalin käyttäminen. Toksisuuden ollessa yksinkertaiseen mekanismiin perustuva keskihajonta on usein pieni, ja melko pieni turvallisuusmarginaali on tarpeen, kun taas keskihajonnan ollessa suuri tarvitaan suurempaa turvallisuusmarginaalia. Tämä menetelmä myös hyödyntäisi koko annosvastekäyrän sisältämän informaation, ja se pakottaisi testaajan valitsemaan järkevät annokset tutkimukseen.

Syöpäriskin osalta tätä ns. probiittianalyysiä on pidetty vähiten konservatiivisena (eli vähiten varovaisena) monista eri vaihtoehdoista. Tämä pitää kuitenkin paikkansa vain, jos tavoitteellaan jotain määrättyä riskitasoa, esim. 1:100 000. Tällaisen tavoittelu on

kuitenkin osoittautunut mahdottomaksi millään menetelmällä, koska siihen pääseminen edellyttäisi koko tapahtumaketjun täydellistä ymmärtämistä. Siten lineaarisella ekstrapolaatiolla tai millä tahansa muullakin menetelmällä saavutetuilla laskennallisilla riskitasoilla ei ole mitään tieteellistä pohjaa ja ne antavat harhaisen kuvan riskistä. Siten olisi rehellisempää luopua koko määrätason (esim. 1:100 000) tavoittelusta, ja sopia, kuinka monta keskihajontaa katsotaan kohtuulliseksi turvaksi syöpärisikin suhteen. Toksisuuden eri muodoille voisi asettaa eri rajan, esimerkiksi lieville oireille voisi riittävä suojia olla kaksi keskihajontaa (2 % väestöstä saa oireita, esim. silmiä kirvelee ilmansaasteiden takia saastuneimpina päivinä). Toksisuuden vaikeampiin muotoihin (esim. elintoksisuus) tarvittaisiin suurempi turvallisuusmarginaali. Koska eri aineilla lasketut tulokset olisivat tällöin vertailukelpoisia, kertyisi ajan mittaan yhteistä kokemusperäistä tietoa siitä, onko riittävän alhainen riskitaso saavutettu tietäntyyppiselle toksisuudelle. Nykyisellä ekstrapolointiteknikalla tällaista yhteistä tietoa ei kerry.

Toksisuustutkimuksien luotettavuuden parantaminen parantaisi myös riskinarvioinnin luotettavuutta. Oikeiden ja riittävän monien annosten käyttäminen toksisuuskokeissa parantaisi olennaisesti mahdollisuuksia ottaa koko annos-vastekäyrä huomioon riskinarvioinnissa, eikä vain pienin haitallinen annos. Riittävän monien annosten käyttäminen varsinkin annosvasteen alapäässä on tuonut yllättäviäkin tuloksia. Useissa tapauksessa pienillä annoksilla nähdään päinvastaisia vasteita kuin suurilla, eli pienet annokset parantavat suorituskykyä. Tämä mielenkiintoinen hormeesiksi nimitetty ilmiö on toistaiseksi tieteellisen tutkimuksen kohde, mutta epälineaaristen annosvasteiden mahdollisuus on periaatteessa otettava huomioon (Calabrese ja Baldwin 2003).

**Toksisuustutkimuksien** luotettavuuden osalta pätee sama periaate kuin tieteen tulosten luotettavuuden osalta yleensäkin. Mahdollisimman **suuri julkisuus parantaa luotettavuutta**. Julkisuus mahdollistaa tutkimuksen vertaisarvioinnin, eli muut tutkijat näkevät, onko tutkimuksen suunnittelussa tai suoritustavassa heikkouksia, ja julkisuus myös mahdollistaa tutkimuksen toistamisen, mikäli epäilee tulosta. Siksi olisi syytä pyrkiä siihen, että ihmisen turvallisuuteen liittyvät tutkimukset olisivat mahdollisimman julkisia. Elinkeinoelämä on vastustanut tätä, koska tutkimusten salaisuus pakottaa kilpailijat tekemään tutkimukset uudestaan, eivätkä ne saa kilpailuetua toisen tekemistä tutkimuksista. Tämä on kuitenkin hoidettavissa samalla tavalla kuin keksintöjen turvaaminen patentilla, alkuperäisellä tutkijalla olisi yksinoikeus tuloksiin, ja uusi yrittäjä joutuisi ostamaan "lisenssin" tulosten käyttöön. Tämän suuntaista ajattelua onkin EU:n REACH-ohjelman suunnitelmissa.

Joskus ajatellaan, että tutkimuksen tieteellistä ja teknistä laatua voidaan valvoa laatu-järjestelmien avulla. Nykyiset laatu-järjestelmät kuten GLP eivät kuitenkaan takaa

tutkimuksen pätevyyttä, vaan nimensä mukaisesti (good laboratory practice) pyrkivät varmistamaan, että tutkimus on teknisesti tehty, niinkuin se on suunniteltu, ja raportoitu, niinkuin se on tehty. Ne siis pyrkivät varmistamaan sen, että jäljestäpäinkin voidaan seurata, mitä tutkimuksessa on tapahtunut. Siitä, onko tutkimus suunniteltu järkevästi ja vastaako se asetettuihin kysymyksiin luotettavasti, GLP ei takaa mitään. Hyvät testiohjeet varmistavat teknistä laatua perinteisten ja vakiintuneiden testien osalta, mutta ne eivät korvaa ammattitaitoa tulosten tulkinnassa ja mahdollisten lisätutkimustarpeiden suunnittelussa.

Itse riskinarvioinnissa kaivattaisiin muutosta sen tekemiseksi vähemmän mekaaniseksi ja enemmän tieteellistä harkintaa käyttäväksi. Vaikka riskinarviointi ja riskin hallinta on syytä pitää erillisinä prosesseina, riskinarvioinnissa tarvitaan palautetta riskinhallinnasta (Kuva 9.1). Usein riskinarviointi aiheuttaa täsmennystarpeita, eli vasta yhden kierroksen jälkeen osataan tehdä uusia kysymyksiä riskinarvioinnille. Näin on erityisesti riskien vertailua ja riski-hyötyanalyysiä tehtäessä. Tällöin riskinarviointi voitaisiin nähdä itse asiassa iteratiivisena prosessina, jossa sekä kysymyksenasettelu että vastaukset täsmentyvät keskinäisen vuoropuhelun aikana.

Riskinarvioinnin laajentaminen nimenomaan riski-hyötyajattelun suuntaan on tarpeen ennen muuta arvioitaessa olemassa olevien kemikaalien riskejä. Kuten edellä esitetty esimerkki dioksiinien riskeistä osoittaa, ympäristössä jo olevia kemikaaleja ei voida kieltää. Niitä sisältävän tuotteen (esim. kalan) käytön kieltäminen taas tuo monia muita ongelmia, mukaan lukien haitallisia vaikutuksia terveyteen. Siten riskianalyysin kehittäminen selkeästi riskien vertailun ja riskien ja hyötyjen vertailun suuntaan edellyttää lisääntyvää tutkimuspanostusta.

### **9.3. Riskinhallinta**

Riskinhallintaa ei tässä yhteydessä käsitellä syvällisesti. Riskinhallinnan keinoja ovat mm. ennakkohyväksymisvelvoite (mm. torjunta-aineet), raja-arvojen käyttö (ilman-saasteet, monet ravinnossa olevat luonnolliset tai ihmisen tekemät kemikaalit), tuoteturvallisuusselosteiden vaatiminen, vaarallisten aineiden käytön kieltäminen tai rajoittaminen (esim. bentseeni, PCB-yhdisteet), ja viranomaisten tekemä tiedottaminen ja opastaminen (esim. kalansyöntisuositukset, joissa kiinnitetään huomiota raskasmetallien tai dioksiinien esiintymiseen kalassa). Hallinnollisesti suurin ongelma on riskinhallinnan sisällöllinen sirpaleisuus, joka johtaa tasoltaan erilaisiin ratkaisuihin eri sektoreilla. Eroja on nähty mm. ympäristöviranomaisten ja terveystervanomaisten välillä (esim. saastuneiden maiden dioksiinit), samoin elintarvikeviranomaisten ja terveystervanomaisten välillä (esim. kalan dioksiinit). Keskinäinen vuorovaikutus ja keskustelu on osittain pystynyt lähentämään eri sektoreiden käsityksiä ja yhdenmukaistamaan päätösten tasoa.



Useimmilla alueilla voimassa oleva lainsäädäntö on varsin kattava ja kemikaalien turvallisuuskohdat hyvin hallinnassa. Jatkuvasti joudutaan kuitenkin käymään rajankäyntiä siinä, mitkä kemikaaliryhmät aiheuttavat siinä määrin riskejä, että niiden ennakko hyväksyminen tai ilmoitusvelvollisuus käytettyjen aineiden ominaisuuksista ovat tarpeen, ja missä riittää valmistajan tai myyjän selvilläolovelvoite tuotteistaan ja omavalvontaa. Tyypillisiä tällaisia alueita ovat kosmetiikka ja kulutustuotteet. Niiden riskinhallinta perustuu tällä hetkellä pääasiassa sattuneiden ongelmatapauksien käynnistämisiin selvityksiin ja tarpeen mukaan harkittuihin rajoituksiin tai tuotteiden kieltämissiin. Myrkytystietokeskuksen tilastojen valossa suuri osa kyselyistä ja nimenomaan oireisista myrkytystapauksista liittyy lääkkeiden ja alkoholin ohella tavanomaisiin kodin kemikaaleihin kuten pesuaineisiin, kosmetiikkaan, petrolituotteisiin ja liuottimiin.

Elinkeinonharjoittajan selvilläolovelvoite varsinkin kulutustuotteiden ja kosmetiikan kohdalla tuotteensa turvallisuudesta herättää monia kysymyksiä. Miten valvonnan suunnittelussa pystytään käyttämään elinkeinonharjoittajan valmiiksi kokoamia turvallisuustietoja hyväksi? Miten toimitaan, jos elinkeinonharjoittaja ei toimita valmiiden turvallisuustietojen eteenpäin maahantuojaalle ja edelleen vähittäiskauppiaille? Seuraako selvilläolovelvollisuuden laiminlyönnistä mitään välittömiä sanktioita elinkeinonharjoittajalle vai siirtyykö käytännön vastuu kuluttajalle valitusmenettelyn kautta? Lainsäädännössä elinkeinonharjoittajalle on laitettu varsin mittava vastuu tuotteen turvallisuuden hallinnasta ja tiedon välittämisestä.

#### 9.4. Riskiviestintä

Riskiviestinnällä on useita eri tehtäviä. Viestintää tarvitaan tutkimuksen ja hallinnon ja päätöksentekijöiden välillä, hallinnon eri sektoreiden välillä, ja riskinarvioinnista ja riskinhallinnasta kansalaisiin. Yleinen kokemus on se, että hyvänkin riskinarvioinnin tulokset mitätöityvät, jos niitä ei kyetä viestittämään ymmärrettävällä ja hyväksyttävällä tavalla päätöksentekijöille ja kansalaisille.

Hallinnonalojen välillä puutteellinen viestintä aiheuttaa kaksi pääongelmaa. Toinen on **hukkatyö**, kun samoja asioita käsitellään toisistaan tietämättä eri sektoreilla (esimerkiksi ympäristöhallinnossa, elintarvikevalvonnassa, terveydenhuollossa ja työterveyshuollossa). Toinen on **ristiriitaisiin tuloksiin** päätyminen, kun ei ymmärretä tai hyödynnetä muiden osapuolien logiikkaa ja käytetä heidän ammattitaitoaan. Tällöin eri hallinnonaloilla saatetaan samantapaisissa asioissa päätyä hyvin erilaisiin ratkaisuihin. Tämä vähentää uskottavuutta kansalaisten keskuudessa. Viime aikoina on puhuttu integroidusta riskinarvioinnista mm. ympäristöriskejä ja terveysriskejä arvioitaessa. Etenkin altistuksessa ja sen monitoroinnissa hyvin hoidetulla informaatiolla voidaan päästä molempia osapuolia hyödyttävään yhteistyöhön (EU SCALE 2004).

Riskinarvioinnin ja riskinhallinnan välillä palaute ja tehokas viestintä auttaa molempia osapuolia ymmärtämään paremmin toisen osapuolen tarpeet ja mahdollisuudet, ja palautetta hyödyntävällä iteratiivisella asioiden käsittelyllä voidaan tulosta parantaa vaarantamatta kummankaan osapuolen itsenäistä roolia omassa tehtävässään.

Vaikein osa riskiviestintää on viestintä kansalaisille. Tämä johtuu pääasiassa vastaanottajien hyvin kirjavasta taustasta ja suurista eroista valmiuksissa ottaa vastaan tieteellistä ja joskus vaikeatajuista informaatiota. Tämä johtaa usein turhautumiseen ja pelkoihin, kun joutuu luottamaan asiantuntijoihin ymmärtämättä asioiden tieteellistä taustaa. Viestinnälle asettaakin hyvin suuret vaatimukset se, että samaan aikaan tulee pysyä täsmällisessä totuudessa ja avoimessa rehellisyydessä, ja samaan aikaan joutuu yksinkertaistamaan vaikeita teknisiä asioita ymmärrettävälle kielelle, mikä väistämättä johtaa myös epätäsmällisyyteen tieteellisessä mielessä.

Media, joka ei täysin ymmärrä riskiviestinnän rajoituksia, on hyvin valmis näkemään ja jopa aktiivisesti etsimään sisäisiä ristiriitoja ja "tutkijoiden välisiä kiistoja". Tällaisessa tilanteessa sekä kansalaiset että media ovat taipuvaisia uskomaan niitä viestejä, jotka heille heidän omien asenteidensa suhteen ovat mieluisia. Hyvä viestintä ottaa tämän huomioon, ja siksi viestinnän ensimmäinen ja tärkein tavoite onkin rakentaa luottamusta ja yhteisymmärrystä viestinnän kohteen suuntaan, koska ilman sitä ei tieteellisesti täysin virheettönkään viesti onnistu.

Luottamuksen rakentamisen edellytyksiä ovat ehdoton rehellisyys ja nopeus. Rehellisyyteen kuuluu myös se, että kun esim. uudessa tilanteessa ei ole vielä riittävää tietoa, tämä tulee selkeästi ilmaista. Useat tiedotuskatastrofit ovat alkaneet siitä, että uudessa tilanteessa on oltu tietävinään enemmän kuin on tiedetty. Virheellisen informaation korjaaminen on paljon vaikeampaa ja enemmän epäluuloja herättävää, kuin on tietojen täydentäminen sen jälkeen, kun on tunnustettu alussa oleva tietämättömyys ja luvattu samalla ryhtyä aktiivisesti selvittämään asiaa. Molempia ehtoja, rehellisyyttä ja nopeutta, ei pysty yhtäaikaan toteuttamaan muulla tavalla kuin myöntämällä tietämättömyys ja hankkimalla sillä tavalla lisää aikaa ja työrauhaa asian selvittämiseksi.

Riskiviestinnälle aiheutuu merkittäviä vaikeuksia siitä, että riskeissä olevia turvallisuusmarginaaleja ei oteta huomioon. Esimerkiksi lyijyn pitoisuuksia työntekijöiden veressä on mitattu vuosikymmeniä, ja näistä kertynyt tieto on antanut hyvin tarkan kuvan siitä, minkälaiset pitoisuudet ja siis kuinka suuret altistukset aiheuttavat terveydellisiä vaikutuksia. Raja-arvot on hinattu vähitellen alemmaksi tiedon täsmentyessä, mutta edelleenkin pitoisuuksissa ei ole suuria turvallisuusmarginaaleja, ja raja-arvojen melko pienikin ylittäminen aiheuttaa terveysvaikutusten riskin. Sen sijaan useimmissa eläinkokeisiin perustuvissa raja-arvoissa on suuret turvallisuusmarginaalit. Jopa viranomaiset unohtavat tämän joskus, ja saattavat todeta julkisuuteen, että

tietyllä raja-arvolla voidaan pelastaa esim. 1000 ihmishenkeä vuodessa. Tosiasiassa oikea tulkinta on, että toimenpiteellä voidaan pelastaa enintään 1000 ihmishenkeä vuodessa, todennäköisesti paljon vähemmän, ja mahdollisesti ei yhtään (Gargas ym 1999, s. 1751). Tässä tapauksessa raja-arvon kohtuullinen ylittäminen ei siis automaattisesti johda minkäänlaisiin terveysvaikutuksiin. Jos näytön varmuuden eroja ei oteta huomioon, kansalaiset ohjataan virheellisesti pelkäämään varsin epävarmoja ja epätodennäköisiä riskejä, ja väheksymään hyvin tunnettuja ja ihmisellä hyvin osoitettuja haittoja.

Ihmisellä on luontainen taipumus väheksyä suuriakin tuttuja ja omaan elämäntapaan liittyviä riskejä (liikenne, häkä, ilmansaasteet, lääkkeet, alkoholi, epäterveellinen ravinto, suola, kosmetiikka, tupakka, asuntojen radon, röntgensäteet) ja toisaalta yliarvioida outoja riskejä (geeniteknologia, vesakontorjunta-aineet, dioksiinit, ydinvoima, muu keinotekoinen säteily kuin röntgenkuvaus, teollisuuden muut päästöt kuin tavanomaiset ilmansaasteet). Usein täsmälleen samoin vaikuttavaa outoa asiaa pelätään, tuttua tai lähipiiriin kuuluvaa ei pelätä (radon ja lääketieteen käyttämä säteily vs. radioaktiivinen laskeuma). Tämä taipumus asettaa riskiviestinnälle suuria haasteita, ja se tulee hyväksyä viestintään vaikuttavana taustatekijänä. Toisaalta hyväksyminen ei saa merkitä sitä, että yleistä mielipiteitä lähdetään myötäilemään antamalla sellaista "tieteellistä tietoa", jota suuri yleisö haluaa.

Kemikaalien osalta riskiviestintä on siinä määrin ongelmallinen asia hallittavaksi, että eri hallinnonalojen kesken olisi syytä järjestää erityistä koulutusta viestinnässä.

#### **9.5. Yhteenveto riskinarviointia, -hallintaa ja riskiviestintää koskevista suosituksista**

*Riskinhallinnan ja riskiviestinnän onnistuminen on keskeinen asia kansalaisten luottamuksen säilyttämisessä. Eri viranomaisten toisistaan poikkeava käyttäytyminen aiheuttaa epäluottamusta ja vähentää uskottavuutta. Siksi tulisi järjestää hallinnonalojen välistä yhteistä koulutusta riskinarvioinnin ymmärtämiseksi, sekä riskinhallinnan ja riskiviestinnän hoitamiseksi parhaalla mahdollisella tavalla.*

*Koe-eläimiä käyttäen tehdyt turvallisuustutkimukset ovat olennainen osa riskinarviointia. Jos turvallisuus halutaan säilyttää, kansalaisille on annettava realistinen kuva tieteen keinoista ja menetelmistä ja pidettävä kiinni eläinkokeiden oikeutuksesta. Eläinkokeita on kehitettävä, niin että ne haittaavat mahdollisimman vähän eläinten hyvinvointia (ns. 3R-periaatteista refinement on priorisoitava tärkeimmäksi).*

*Sekä työtä että koe-eläimiä säästäisi merkittävästi turvallisuustestien julkisuus. Se myös altistaisi tutkimukset tieteelliselle kritiikille. Kansainvälisesti tulisi päästä sopi-*

*mukseen, että tutkimukset (esim. toksikologia) joihin ihmisen turvallisuus perustuu, on julkaistava.*

*Rationaalisen riskinarvioinnin perusteet kaipaavat uutta tarkastelua, koska etenkin ristiriitaisissa tilanteissa, joissa toimenpiteillä tuotetaan yhtäaikaan sekä haittoja että hyötyjä, nykyinen riskinarviointitekniikka ei pysty antamaan yhteiskunnan kannalta optimaalisia ratkaisuja. Ongelmat keskittyvät ennen muuta eri riskien arvioimiseen vertailukelpoisella tavalla (mm. syöpä vs. muut vaikutukset) sekä riski-hyötyarvioinnin kehittämiseen (esim. dioksiineja sisältävä kalan hyödyt ja riskit toisiinsa verrattuna). Tällaista riskianalyysitutkimusta on edistettävä.*

*Riskinhallinnassa tulee selvittää se, mitä varovaisuusperiaatteella tarkoitetaan ja käyttää termiä johdonmukaisesti.*

## Kirjallisuutta

93/67/ETY Komission direktiivi neuvoston direktiivin 67/548/ETY mukaisesti ilmoitettujen aineiden ihmisille ja ympäristölle aiheuttamien vaarojen arviointiperiaatteiden vahvistamisesta

Calabrese EJ, Baldwin LA. Hormesis: the dose-response revolution. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 2003;43:175-197.

CSTEE. Opinion of the scientific committee on toxicity, ecotoxicity and the environment (CSTEE) on the BUAV-ECEAE report on "The way forward - Action to end animal toxicity testing". European Commission, Health & Consumer Protection Directorate-General, Brussels C7/VR/csteeop/anat/080104 D(04).

EU SCALE-ohjelma. Integrated monitoring of dioxins and PCBs in the Baltic region ([www.environmentandhealth.org](http://www.environmentandhealth.org) ja [http://europa.eu.int/comm/environment/health/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/health/index_en.htm))

EY:n Komission tiedonanto 2.2.2000. KOM (2000)1.

Gargas ML, Finley BL, Paustenbach DJ, Long TF. Environmental health risk assessment: theory and practice. Kirjassa General and Applied Toxicology, toim. B. Ballantyne, T. Marrs & T Sylversen, 2. p., ss. 1749-1809, MacMillan Reference LTD, Lontoo 1999.

NAS/NRC. National Research Council. Risk assessment in the Federal Government: Managing the process. National Academy Press, Washington D.C. 1983.

Rio Declaration on Environment and Development. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Annex I. Rio de Janeiro, 3-14 June 1992.

## 10 SUOSITUKSET

Kansanterveyslaitos, Ympäristöterveyden osasto

### 10.1 Suositusten esitystapa

Aihekohtaisissa tekstikappaleissa on annettu suosituksia kansallista kemikaaliohjelmaa varten. Suositukset voivat olla hyvin yksityiskohtaisia, konkreettisia ehdotuksia toimenpiteiksi tai suosituksissa on voitu nostaa esille ongelmia, jotka näyttävät vaativan toimenpiteitä. Suositukset eivät ole vielä toimenpideohjelma, vaan useat niistä vaativat monitahoista jatkoselvittelyä toteutumismahdollisuuksista ja tämä työ on tehtävä erikseen.

Suosituksia tai toimenpide-ehdotuksia on koottu tässä yhteen ja jos mahdollista, samaan asiaan liittyviä alkuperäisiä suosituksia on yhdistetty asiakokonaisuuksiksi. Suositusten yksityiskohtaiset perustelut ovat alkuperäisessä tekstissä, asiayhteydessään. Suositukset on ryhmitelty sisältönsä puolesta kahteen pääryhmään: **A. Hallintoa koskevat suositukset** ja **B. Tutkimusta koskevat suositukset**. Hallintoa koskeviin suosituksiin on koottu asiat, jotka edellyttävät viranomaislähtöisiä toimenpiteitä (lainsäädäntö, toimeenpano, ohjeistus, valvonta). Tutkimusta koskevat suositukset edellyttävät lisää tai uutta tutkimusta, ennen kuin asia voidaan päättää tai arvioida. Suosituksissa voi olla sekä hallinnollisia että tutkimuksellisia elementtejä.

Suosituksia, jotka nähdään tärkeimmiksi tai kiireellisemmiksi toteuttaa, on koottu pääryhmien (A, B) sisällä omiksi ryhmikseen: **tärkeimmäksi toteuttaa** (suosituksen lopussa I) tai **tärkeäksi toteuttaa** (suosituksen lopussa II). Tärkeimmät suositukset (I) on koottu erikseen yhteen heti kappaleen alkuun. Priorisoinnissa ryhmään **"tärkeintä toteuttaa"** on käytetty mm. seuraavia kriteereitä: i) asia nähdään lähitulevaisuudessa oleellisen tärkeäksi ympäristöterveyden edistämisen kannalta, ii) se edistää kansanterveyttä koko valtakunnan laajuisesti iii) asiaan liittyy potentiaalinen riski (joka täytyy selvittää) koko valtakunnan alueella ja iv) asialle voidaan konkreettisesti tehdä jotakin (joskin se saattaa vaatia lisäresurssointia). Suositukset ryhmässä **"tärkeä toteuttaa"** on arvioitu nousevan seuraavaksi hieman muiden yläpuolelle. Erilaisten ja –arvoisten asioiden priorisointi ei ole yksiselitteistä, eikä se saisi muodostua rajoitteeksi jatkotyön kannalta, mutta ryhmittelyllä on haluttu jäsentää isoa joukkoa suosituksia paremmin hallittavaan muotoon.

Suosituksia on numeroitu yksittäisten suositusten erottamiseksi toisistaan ja ryhmitelty perustelutekstin mukaisesti aiheittain sikäli kuin mahdollista.

## 10.2 Tärkeimmät suositukset

Selvityksen viisi tärkeintä suositusta ovat nousseet esille jo eri kappaleita kirjoitettaessa ja priorisoitaessa selvityksen noin 60 erilaista ja tasoista suositusta. Varsinkin kaksi ensimmäistä suositusta koskevat kaikkea elinympäristömme kemikaalialtistusta. Käytettävissä ei ole ajanmukaista tietoa väestön altistumisesta kemikaaleille elinympäristössä – näiden tietojen puuttuessa puuttuu myös tieto muutoksista väestön kemikaalialtistumisessa ja se on monella tavalla tärkeää. Tieto muutoksista auttaa painopisteiden siirrossa ja resurssien suuntaamisessa kaikilla tasoilla. Riskinarviointi ilman luotettavia altistumistietoja on epävarmaa – altistumistiedot asettavat riskin oikeaan mittasuhteeseen. Toinen suositus koskee riskinarviointia, joka perinteisesti on lähtenyt yhden kemikaalin näkökulmasta. Sama lähtökohta edelleen toimii, mutta riskinarvioinnissa elinympäristön kemikaaleja ei voi tarkastella irti ympäristöstään – päinvastoin riskinarvioinnissa on hallittava elinympäristössä esiintyvän kemikaalin koko elinkaari ja sen eri vaiheet ja erityisen tärkeää on hyötyjen ja haittojen vertaaminen. Seuraavaksi tärkeimmiksi kohdiksi koettiin sisäilman kemikaalialtistus, jätteiden kompostoinnin ja saastuneiden maiden ympäristöterveysriskit. Ne kaikki ovat ajankohtaisia, mutta vaativat selvästi lisäarviointia ja -tutkimusta ennen kuin voidaan kunnolla päättää, miten niiden kanssa edetään.

## Selvitys elinympäristön kemikaaliriskeistä

### Tärkeimmät suositukset

1. Suomessa olisi käynnistettävä koko maan väestöä edustava pysyvä **altistumis-seurantaohjelma ympäristöterveyden** kannalta merkittävälle, mahdollisesti terveydelle haitallisille kemiallisille ympäristöaltisteille, joille altistutaan sisä- ja ulkoilmassa, ravinnon ja juomaveden välityksellä tai käyttämällä markkinoilla olevia kulutustuotteita. Seurantaohjelmassa kertyvää tietokantaa voitaisiin käyttää **terveysriskien arviointiin** ja muutostrendien seuraamiseen ihmisten ympäristöperäisessä kemikaalialtistumisessa. Tietoa voitaisiin käyttää hyväksi laajasti koko yhteiskunnassa, muutoksen seurannassa, suunnittelussa ja korjaavissa ja ehkäisevissä toimenpiteissä.
2. Rationaalisen **riskinarvioinnin perusteet** kaipaavat uutta tarkastelua, koska etenkin ristiriitaisissa tilanteissa, joissa toimenpiteillä tuotetaan yhtäaikaan sekä haittoja että hyötyjä, nykyinen riskinarviointitekniikka ei pysty antamaan yhteiskunnan kannalta optimaalisia ratkaisuja. Ongelmat keskittyvät ennen muuta eri riskien arvioimiseen vertailukelpoisella tavalla (mm. syöpä vs. muut vaikutukset) sekä riski-hyötyarvioinnin kehittämiseen (esim. dioksiineja sisältävä kalan hyödyt ja riskit toisiinsa verrattuna). Tällaista riskianalyysitutkimusta on edistettävä. Riskinhallinnan ja riskiviestinnän onnistuminen on keskeinen asia kansalaisten luottamuksen säilyttämisessä. Eri viranomaisten toisistaan poikkeava käyttäytyminen aiheuttaa epäluottamusta ja vähentää uskottavuutta. Siksi tulisi järjestää hallinnonalojen välistä yhteistä koulutusta riskinarvioinnin ymmärtämiseksi, sekä riskinhallinnan ja riskiviestinnän hoitamiseksi parhaalla mahdollisella tavalla. Riskinhallinnassa tulee myös selvittää, mitä varovaisuusperiaatteella tarkoitetaan ja käyttää termiä johdonmukaisesti.
3. **Sisäilman kemiallisten** altisteiden terveysvaikutuksista tarvitaan lisätietoa. Eri-tyisesti mikrobitoksiineille altistumista sisäympäristöissä ja siihen liittyviä terveyshaittoja tulisi tutkia tarkemmin. Kokeellisin tutkimuksin olisi selvitettävä



mikrobitoksiinien pitkäaikaisvaikutukset. Myös eri altisteiden yhteisvaikutuksista pitkäaikaisen altistumisen seurauksena tarvitaan lisätietoa.

4. **Jätteiden teollisuusmaiseen kompostointiin** liittyvät ympäristöterveysriskit Suomen olosuhteissa tunnetaan vielä huonosti ja ne olisi syytä selvittää ennen kuin sitä merkittävästi lisätään. Tämä edellyttää myös perustutkimusta syntyvistä bioaerosoleista, niiden koostumuksesta, toksisuudesta, leviämisestä ja väestön henkilökohtaisesta altistumisesta.
5. **Pilaantuneiden (saastuneiden) maiden** kemiallisten aineiden aiheuttama terveysriski ja sen ennaltaehkäisy tulisi arvioida mm.:
  - ongelman laajuus
  - nykyisten hallinnollisten toimien riittävyys,
  - toimijat ja viranomaisten keskinäinen työnjako
  - riskin ennaltaehkäisy ja sen varhainen havaitseminen
  - pilaantuneiden maiden kaavoitus, ohjeistus ja käyttö
  - pohjaveden laadun seuranta, lisätutkimustarpeet (mm. pohjavesiin liittyvän torjunta-aineongelman laajuus)
  - riskinarvioitimetodiikka.

## A. Hallintoa koskevat suositukset

### Tärkeintä toteuttaa (I)

1. Suomessa olisi käynnistettävä koko maan väestöä edustava pysyvä **altistumisseurantaohjelma ympäristöterveyden** kannalta merkittävälle, mahdollisesti terveydelle haitallisille kemiallisille ympäristöaltisteille, joille altistutaan sisä- ja ulkoilmassa, ravinnon ja juomaveden välityksellä tai käyttämällä markkinoilla olevia kulutustuotteita. Seurantaohjelmassa kertyvää tietokantaa voitaisiin käyttää **terveysriskien arviointiin** ja muutostrendien seuraamiseen ihmisten ympäristöperäisessä kemikaalialtistumisessa. Tietoa voitaisiin käyttää hyväksi laajasti koko yhteiskunnassa, muutoksen seurannassa, suunnittelussa ja korjaavissa ja ehkäisevissä toimenpiteissä.(I)
2. **Pilaantuneiden maiden** kemiallisten aineiden aiheuttama terveysriski ja sen ennaltaehkäisy tulisi arvioida kokonaisuutena. Siinä yhteydessä tulisi arvioida mm.:
  - ongelman laajuus
  - nykyisten hallinnollisten toimien riittävyys
  - toimijat ja viranomaisten keskinäinen yhteistyö
  - riskin ennaltaehkäisy ja sen varhainen havaitseminen
  - pilaantuneiden maiden kaavoitus, ohjeistus ja käyttö
  - pohjaveden laadun seuranta
  - lisätutkimustarpeet (mm. pohjavesiin liittyvä torjunta-aineongelman laajuus)
  - riskinarvioitimetodiikka. (I)

## Tärkeää toteuttaa (II)

### Riskinarviointi ja –hallinta

3. **Koe-eläimiä** käyttäen tehdyt turvallisuustutkimukset ovat oleellinen osa riskinarviointia. Vaihtoehtoisten menetelmien kehittämisestä huolimatta yksistään *in vitro* menetelmillä ei pystytä selvittämään kemikaalin toistuvasta käytöstä aiheutuvia terveysvaikutuksia. Jos tuotteiden turvallisuus halutaan säilyttää, kansalaisille on annettava realistinen kuva käytettävissä ja kehitettävissä olevista tieteen keinoista ja menetelmistä. Kemikaalien ennakkotarkastusta varten tehtyjen turvallisuustutkimusten avoin julkisuus säästäisi merkittävästi sekä työtä että koe-eläimiä ja varmistaisi, että eri hallinnon aloilla riskinarvioinnissa käytetään samoja perustietoja samasta kemikaalista. Jatkossa tulisikin päästä kansainväliseen sopimukseen siitä, että toksikologiset tutkimukset, joihin ihmisen turvallisuus perustuu, on julkaistava tai niiden on oltava muutoin (esim. [www](http://www)) julkisesti saatavilla. (II)
4. Perusteilla olevan valtakunnallisen Vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskuksen (pääasiassa asiantuntijalaitosten toimintaverkko) toimintakenttään kuuluu myös kemikaalien aiheuttama ympäristöterveysriski. Osaamiskeskuksen toimintaan tarvitaan asiantuntijalaitoksiin lisäresursointia, mikä olisi tarpeen huomioida myös Kansallisessa kemikaaliohjelmassa. (II)

### Kosmetiikka

5. Kosmetiikkaan liittyvä viranomaistoiminta ja käytännöt tulisi kokonaisuudessaan arvioida uudelleen ja harkita mahdolliset toimenpiteet sekä Suomen kosmetiikkaan liittyvät tavoitteet EU-tasolla. Tässä yhteydessä olisi kiinnitettävä erityisesti huomiota seuraaviin kohtiin:
  - kosmetiikan ainesosien selkeään yksiselitteiseen identifiointiin (CAS-numerot), nimeämisen ja varoitusmerkintöjen ja –lausekkeiden yhtenäistämiseen kemikaalilainsäädännön kanssa
  - kosmetiikan sivu/haittavaikutusrekisterin perustamiseen
  - kosmetiikan turvallisuuden ja riskinarvioinnin periaatteiden, testausmenetelmien ja olemassa olevien toksikologisten tietojen käytön yhtenäistämiseen kemikaaleja koskevan riskinarvioinnin kanssa
  - toksikologisen asiantuntemuksen riittävyyteen ja eri viranomaisten työnjakoon kosmeettisten valmisteiden terveysvaikutusten arvioinnissa ja riskinhallinnassa

- valvontaan ja erityisesti miten valvotaan, että valmisteen valmistajan, maahan-tuojan, vähittäiskaupan vastuulla oleva tieto kosmeettisen valmisteen turvalli-suudesta tavoittaa kuluttajan (right to know-periaate)
- altistumistiedon lisäämiseen eri ikäryhmien kosmetiikan käytöstä. (II)

## **Ravinto**

6. Ruoankulutustietojen keräämistä ja ylläpitoa tulisi kehittää, erityisesti lasten ja nuor-ten kulutustottumuksista, jotta pystyttäisiin seuraamaan haitallisten aineiden saannil-le erityisesti altistuvia riskiryhmiä. (II)
7. Orgaanisten ympäristössä kestävien ja kertyvien aineiden seuranta on edelleen ke-hitettävä ja kiinnitettävä erityistä huomiota uusiin aineisiin. Vesieliöstön ravintoket-ju pysyy tärkeänä valvottavana ja arvioitavana altistumistienä. (II)

## **Juomavesi**

8. Yksityisten porakaivojen veden käyttö tulisi ohjeistaa valtakunnallisesti, koskemaan alueita, joissa on pohjavedessä runsaasti arseenia, luonnon uraania, radonia tai fluo-ridia. (II)

## **Sisäilma**

9. Sisäilmayhdistyksen sisäilmastoluokitus muodostaa hyvän perustan turvallisen si-säilman laadun varmistamiseksi. Tältä pohjalta olisi edelleen laajennettava ja kehi-tettävä hyvän rakennussuunnittelun, hyvän rakentamisen ja hyvän talonpidon käy-täntöjä seuraavasti:
  - Suunnittelu: Kohtuuttomien kosteusvaurioiden torjumiseksi rakenteiden, joiden voidaan odottaa joutuvan kosteudelle alttiiksi rakennuksen elinkaaren aikana, tu-lisi sietää satunnaista kostumista ja kuivua helposti ilman erityisiä toimenpiteitä.
  - Rakentaminen: Vastuu rakentamismääräysten ja hyväksytyjen suunnitelmien mukaisesta rakennuksen toteuttamisesta tulee säilyttää jakamattomana yhdelle taholle, joka olisi luonnollisimmin rakennuttaja. Ajallisesti vastuun, joka ei tar-koita normaaleja huolto ja ylläpitotehtäviä, tulee kattaa rakennuksen kunkin komponentin osalta sen odotettavissa olevan käyttöiän. Rakennuttaja on myös vastuussa asianmukaisten tarkistus- huolto- ja ylläpito-ohjeiden laatimisesta ja toimittamisesta rakennuksen omistajalle.

- Ylläpito: Asukkaille, huoltoyhtiöille, isännöitsijöille ja rakennuksen omistajille olisi kehitettävä ohjeistot rakennusten määräaikaista tarkastuksista, ylläpidosta ja huollosta.
- Koulutus: Sisäilmaongelmia aiheuttavista ilmiöistä tarvitaan merkittävää koulutustilasta rakennus-, materiaalteollisuus-, kiinteistö-, ilmanvaihto-, työsuojelu- ja terveydensuojelualan henkilöstölle ongelmien vähentämiseksi sekä tiedottamista suurelle yleisölle. (II)

## Muut suositukset

### **Juoma- ja uimavesi**

10. Pienten vesilaitosten vedenlaadun valvontatiedot tulisi koota säännöllisesti yhteen valtakunnallisesti, kuten kootaan isojen vesilaitosten valvontatiedot, yleiseksi informaatioksi vedenlaadusta kaikkien käyttöön.
11. Uimahallien vedenlaadun valvontatiedot tulisi koota säännöllisesti yhteen ja havainnoista riippuen harkita nykyisten ohjeiden ja toimenpiteiden riittävyyttä. Erityisenä seurannan kohteena tulisi olla veden trihalometaanipitoisuudet (kloroformi).
12. Vesilaitoksissa, joissa vielä käytetään vedenkäsittelykemikaalina lipeää (NaOH), tulisi siirtyä käyttämään vähemmän myrkyllisiä kemikaaleja myrkytysuonnettomuus-riskin välttämiseksi.
13. Juomaveden alumiinipitoisuudet tulisi koota erityisesti pieniltä vesilaitoksilta ja tarvittaessa arvioida mahdolliset terveysvaikutukset.
14. Juomaveden tahallinen myrkyttäminen vesijohtoverkostossa on syytä huomioida uutena potentiaalisena riskinä erilaisissa valmiussuunnitelmissa ja arvioida siihen liittyvät riskit ja tarvittavat toimenpiteet.

### **Kulutustuotteet ja rakennusmateriaalit**

15. Kulutustuotteiden ja lelujen turvallisuuden viranomaisvalvontaa tulisi tehostaa, jotta vaarallisten kulutustuotteiden markkinoille luovuttaminen ja myynti voitaisiin estää lainsäädännön edellyttämällä tavalla nykyistä tehokkaammin.
16. Metanolia sisältävien tuulilasinpesunesteiden terveysriskit tulisi selvittää ja niiden käyttöä tarvittaessa rajoittaa.

17. Suihkevalmisteiden tuoteturvallisuuden parantamiseksi elinkeinonharjoittajilta tulisi edellyttää nykyistä tehokkaampaa kuluttajille suunnattua tiedottamista sekä selkeämpiä käyttöohjeita ja kemikaalilainsäädännön mukaisia varoituksia.
18. PFAS-yhdisteiden (perfluoratut alkyloidut yhdisteet) kieltämistä kuluttajatuotteissa tulisi kiirehtiä.
19. Kaikkien kulutustuotteiden ja rakennuksissa käytettävien materiaalien tulisi olla bentseenivapaita.
20. Kaikkien kulutustuotteiden ja rakennuksissa käytettävien materiaalien formaldehydipäästöt hengitysilmaan tulisivat olla mahdollisimman vähäiset.

### **Kosmetiikka**

21. Tatuoinnin, kestopigmentoinnin sekä niissä käytettävien väriaineiden terveysriskit ja toimintojen valvonta tulisi Suomessa selvittää. Lisäksi tulisi miettiä, miten jatkuvasti markkinoille tulevien uusien, kosmetiikkalainsäädännön ulkopuolelle jäävien, kauneudenhoitomenetelmien ja -tuotteiden riskinarviointi ja riskinhallinta järjestetään.

### **Sisäilma**

22. Sisäilman häkäpitoisuuden kohoamisesta täytyisi varoittaa kaikissa tiloissa, joissa se saattaa huomaamatta kohota terveydelle haitalliselle tai hengenvaaralliselle tasolle, kuten tulisijoilla varustetuissa asunnoissa ja julkisissa suurissa sisätiloissa ja halleissa, joissa käytetään polttomooottoreita.
23. Häkä- ja typpidioksidipitoisuuksien vähentämiseksi kaikkien polttoon perustuvien lämmityslaitteiden, joita ei ole varustettu ulos johtavalla savuhormilla (tai liesikuvulla/liesituulettimella), myynti ja asentaminen asuntoihin tulisi kieltää ja nykyisin käytössä olevat vastaavat laitteet tulisi joko varustaa asianmukaisesti tai poistaa käytöstä.
24. Typpidioksidipitoisuuksien vähentämiseksi kaasuliesien käyttö tulisi rajoittaa avoimiin tiloihin ja hyvin tuuletettuihin keittiöihin, jotka on varustettu liesikuvulla ja koneellisella poistopuhalluksella.
25. Asunnot, joiden asuintiloissa on lämmitykseen, ruoanvalmistukseen tai saunomiseen käytettyjä tulisijoja tulisi edellyttää palovaroittimen lisäksi häkävaroittimella.
26. Tupakanpolton edelleen rajoittaminen ja vähentäminen alentaa sekä tupakoimattomien että erityisesti nykyisten tupakoitsijoiden altistumista. Kaikki mikä rajoittaa tupakointia, vähentää myös bentseeni- ja formaldehydialtistumista.

## **Liikenteen pienhiukkaspäästöt**

27. Liikenteen pienhiukkaspäästöjen vähentämiseksi nopeavaikutteisoin rajoittamiskeino olisi poistaa liikenteestä savuttavat vanhat tai vaurioituneet ajoneuvot. Tältä osin katsastusmääräyksiä tulisi tiukentaa, liikennepoliisin välittömiä toimintavaltuuksia lisätä ja selvittää, miten vanhoja autoja voidaan ostaa pois liikenteestä (tällaisten toimien sosiaaliset kokonaisvaikutukset on kuitenkin syytä punnita huolellisesti).
28. Dieselajoneuvojen pakokaasuhiukkaspäästöjä tulisi vähentää käyttämällä parasta mahdollista suodatintekniikkaa etenkin julkisissa liikennevälineissä. Uusien bensiinikäyttöisten ajoneuvojen pakokaasuhiukkaspäästöt ovat erittäin alhaiset, mutta myös dieselajoneuvojen pakokaasuhiukkaspäästöistä voidaan jo nyt lähes 100% suodattaa olemassa olevalla tekniikalla (diesel particle trap, DPT). DPT tekniikka otettaneen esim. Saksassa laajaan käyttöön jo lähivuosina. Tähän kehitykseen on syytä mennä mukaan heti sen ensi vaiheessa aloittaen kaupunkibusseista ja paketti-autoista, ja laajentaen nopeasti kokemuksen kertyessä koskemaan kuorma-autoja ja dieselkäyttöisiä henkilöautoja.

## **Ravinto**

29. Torjunta-aineiden tiukka ennakkotarkastus ja käytön valvonta on olennainen ja hyvin toimivaa systeemiä tulee jatkaa. Jäämien valvonta on erityisen tärkeää maailmankaupan vapautuessa.
30. Luonnon omien kemikaalien esiintyminen ravinnossa on jäänyt liian vähälle huomiolle ja tämä olisi integroitava elintarvikkeiden riskinarviointiin. Näitä riskejä tulee pyrkiä vähentämään valistuksella ja valvontatoimilla.
31. Kotimaisten petokalojen osalta kalan syöntisuositukset ovat tiedossa, mutta valistustyötä eri kalalajien monipuolisesta käytöstä tulee jatkaa. Yhden kalalajin (esim. hauki, tonnikala) käyttö saattaa johtaa liialliseen kalan metyylielohopea-altistukseen. Altistuminen organotinayhdisteille on syytä selvittää.
32. Elintarvikehuoneistojen turvallisuudesta tulee edelleen pitää kiinni ja vaatia, että niillä on omat tilat, varastotilat ja oma henkilökunta hygieniariskien ja erehdyksessä tapahtuvan kemikaalialtistuksen välttämiseksi.
33. Elintarvikkeiden lisäaineista huomio kohdistuu usein terveydellisesti vähäpätöisiin aineisiin, ja valistuksessa tulisi kiinnittää suurin huomio niihin aineisiin, joiden terveysvaikutuksista on selvä näyttö. Nämä ovat usein kuluttajan itsensä vallassa olevia ai-

neita (suola, sokeri), joiden riskejä ei osata tai (kuten alkoholin) ei haluta pelätä. Uutena ongelmana ovat kritiikittömästi käytettävät lisäravinteet esim. kuntoilussa.

### **Jätteet**

34. Jätteiden kompostoinnissa syntyvän mullan jatkokäyttöön on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska se saattaa sisältää kemiallisia epäpuhtauksia (mm. raskasmetalleja, mutta myös muita kompostoinnin kestäviä aineita), kompostoidusta materiaalista riippuen.



## B. Tutkimusta koskevat suositukset

### Tärkeintä toteuttaa (I)

1. **Rationaalisen riskinarvioinnin** perusteet kaipaavat uutta tarkastelua, koska etenkin ristiriitaisissa tilanteissa, joissa toimenpiteillä tuotetaan yhtäaikaan sekä hyötyjä että haittoja, nykyinen riskinarviointitekniikka ei pysty antamaan yhteiskunnan kannalta optimaalisia ratkaisuja. Ongelmat keskittyvät ennen muuta eri riskien arvioimiseen vertailukelpoisella tavalla (mm. syöpä vs. muut vaikutukset) sekä riski-hyötyarvioinnin kehittämiseen (esim. dioksiineja sisältävä kalan hyödyt ja riskit toisiinsa verrattuna). Tällaista riskianalyysitutkimusta on edistettävä. Riskinhallinnan ja riskiviestinnän onnistuminen on keskeinen asia kansalaisten luottamuksen säilyttämisessä. Eri viranomaisten toisistaan poikkeava käyttäytyminen aiheuttaa epäluottamusta ja vähentää uskottavuutta. Siksi tulisi järjestää hallinnonalojen välistä yhteistä koulutusta riskinarvioinnin ymmärtämiseksi, sekä riskinhallinnan ja riskiviestinnän hoitamiseksi parhaalla mahdollisella tavalla. Riskinhallinnassa tulee selvittää, mitä varovaisuusperiaatteella tarkoitetaan ja käyttää termiä johdonmukaisesti. (I)
2. **Sisäilman kemiallisten** altisteiden terveysvaikutuksista tarvitaan lisätietoa. Erityisesti altistumista mikrobitoroksiineille sisäympäristöissä ja siihen liittyviä terveyshaittoja tulisi tutkia tarkemmin. Kysymyksessä saattaa olla akuutisti toksiset yhdisteet. Kokeellisin tutkimuksin olisi selvitettävä myös mikrobitoroksiinien pitkäaikaisvaikutukset. Myös eri altisteiden yhteisvaikutuksista pitkäaikaisen altistumisen seurauksena tarvitaan lisätietoa. (I)
3. **Jätteiden teollisuusmaiseen kompostointiin** liittyvät ympäristöterveysriskit Suomen olosuhteissa tunnetaan vielä huonosti ja ne olisi syytä selvittää ennen kuin sitä merkittävästi lisätään. Tämä edellyttää myös perustutkimusta syntyvistä bioaerosoleista, niiden koostumuksesta, toksisuudesta, leviämisestä ja väestön henkilökohtaisesta altistumisesta. (I)

## **Tärkeää toteuttaa (II)**

### **Jätteet**

4. Jätevesissä olevista, erityisesti muiden kuin teollisuuskemikaalien kemikaalijäämistä, on tarpeen tehdä kokonaisvaltainen selvitys. Sen tulisi kattaa arvion ekotoksisista ja terveysriskeistä ja mahdollisuudet vähentää päästöjä jätevesilaitostekniikoita kehittämällä. Suomen pohjoiset olosuhteet edellyttävät myös kansallista tutkimustietoa asiasta.(II)

### **Sisäilma**

5. Harrastustilojen, joissa käsitellään tai vapautuu kemikaaleja (esim. maaleja, värejä, polttomootoreita) kemikaalialtistus tulisi selvittää tarkemmin. Harrastustoimintaan liittyvän ohjauksen yhteydessä tilojen käyttäjiä tulisi opastaa riittävän ilmanvaihdon merkityksestä ja tarvittavista kohdepoistoista ja henkilökohtaisista suojaimista. Harrastusryhmien vetäjille tulisi suunnata valistusta, mitä työsuojelutoimenpiteitä tarvitaan harrastuksiin liittyvien kemiallisten riskien vähentämiseksi.(II)

### **Ulkoilma**

6. Kohdennettua tutkimusta olisi suunnattava (i) puun pienpolton hiukkaspäästöjen, (ii) katupölyn ja (iii) metrotunneleiden hiukkasten väestövaikutuksiin (kohdennettua epidemiologiaa) sekä terveysvaikutusten mekanismeihin (kokeellista toksikologiaa). Näiden tutkimusten tulokset voivat vaikuttaa hyvin olennaisella tavalla tuleviin lämmitys- ja liikennepoliittisiin sekä -tekniisiin (tienpinnoitus, liukkauden torjunta, renkaat, jarrut) kehittämisvalintoihin.(II)

## **Muut suositukset**

### **Ulkoilma**

7. Kaupunki-ilman häkäpitoisuuksiin kytkeytyneiden epidemiologisten aikasarja-analyysien tuloksia on syytä seurata tarkoin, koska ne saattavat vaatia ulkoilman häkäpitoisuuden raja-arvojen huomattavaa tiukentamista.

8. Otsonin sisäilmapitoisuudet, reaktiotuotteet sisäilmassa, näille altistuminen Suomessa olisi selvitettävä, sekä mahdolliset terveysvaikutukset arvioitava.

### **Pilaantuneet maat**

9. Kemikaaliohjelman puitteissa olisi syytä selvittää yksityiskohtaisemmin, onko jäte-  
lietteessä muita potentiaalisia kemiallisia aineita kuin raskasmetallit, joiden pääsyä  
viljeltävään peltoon tulisi seurata. Sikäli kuin tällaisia aineita todetaan, niiden ker-  
tymisestä syötäviin kasveihin tarvitaan myös tietoa ihmisten altistumisen arvioimi-  
seksi. Myös jätelietteen kompostimullan käyttö tulisi harkita samasta näkökulmasta.
10. Vanhojen puurakennusten ulkoseinämaalien sisältämä lyijy on jo saastuttanut ra-  
kennusta ympäröivää maata ja muodostaa merkittävän lisäuhkan, jos maalikerrokset  
poistetaan maaperään. Maaperä saattaa olla siinä määrin saastunutta, että esimerkik-  
si lasten ei pitäisi siinä leikkiä. Tämä riski ja riskikohteet on ilmeisen huonosti tun-  
nettu ja asia edellyttäisi lisäselvitystä.

### **Ravinto**

11. Ruoanvalmistuksessa syntyvien aineiden osuus terveyteen on epäselvä ja se ansait-  
see edelleen tutkimusta.

### **Juomavesi**

12. Lääkeainejäämiä vesilaitosten jakamassa Suomessa ei ole selvitetty. Se olisi syytä  
kertaalleen tehdä, koska pitkä pohjoinen kylmä talvikausi saattaa suosia lää-  
keainejäämien säilyvyyttä raakavedessä.
13. Luonnon uraani näyttää olevan väestötasolla yhteydessä useisiin terveyshaittoihin ja  
sen kemialliset ominaisuudet herättävät epäilyn vielä toteamattomista vaikutuksista.  
Luonnon uraanin toksisuudesta tarvitaan lisää kokeellista tutkimusta terveysriskin  
ymmärtämiseksi ja arvioimiseksi (mm. karsinogeenisuus, vaikutus luuhun). Kysy-  
myksessä on EU:n laajuinen ongelma.

### **Kulutustuotteet**

14. Tekstiiliväriaineiden syöpävaarallisuutta ja ihovaikutuksia tulisi selvittää nykyistä  
tarkemmin.

## Ulkoilma

15. Uudet puu-uunit ja liedet tulisi välittömästi varustaa mm. monissa USA:n osavaltioissa jo kauan vaadituilla ja käytetyillä katalyyttisillä jälkipolttimilla, jotka myös parantavat niiden lämmityshyötysuhdetta. Mahdollisuuksista asentaa näitä laitteita myös olemassa olevaan uunikantaan olisi selvitettävä ja kehitettävä.
16. Liikennepolttoaineiden ja moottoriajoneuvojen nykyisensuuntainen tekninen kehitys alentaa jatkuessaan kaupunkien ulkoilman bentseenipitoisuuksia edelleen, ja tätä kehitystä on siis kaikin tavoin rohkaistava.
17. Jäähallien polttomoottorikäyttöiset jäänhoitokoneet pitäisi korvata sähkökoneilla vuoteen 2010 mennessä. Nykyisin käytössä olevissa propaanilla toimivissa jäänhoitokoneissa pitää olla tehokas kolmitoimikatalysaattori, jonka kuntoa seurataan vuotuisissa pakokaasutesteissä ja halleissa pitää olla jatkuva ilmanvaihto. Samanlaisia hyviä käytäntöjä pitäisi kehittää ja valvoa myös muissa moottoriurheilun sisätahtumissa

